



**Mafalda Alexandra
Soares Rodrigues
Seabra**

Segurança e design na máquina ferramenta



**Mafalda Alexandra
Soares Rodrigues
seabra**

Segurança e design na máquina ferramenta

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Design Materiais e gestão de produto, realizada sob a orientação científica do Dr. Vasco Branco, Professor associado do Departamento de comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha mãe pelo incentivo e energia.

o júri

presidente

Prof. Dr. Rui Ramos Ferreira e Silva
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Francisco Jorge Teixeira de Freitas
professor associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Dr. Vasco Afonso da Silva Branco
professor associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestre Carlos Alberto Ferreira Aguiar Pinto
professor associado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Este espaço é dedicado àqueles que deram a sua contribuição para que esta dissertação fosse realizada. A todos eles deixo aqui o meu agradecimento sincero.

Em primeiro lugar agradeço ao Prof. Doutor Vasco Branco a forma como orientou o meu trabalho. As notas dominantes da sua orientação foram a utilidade das suas recomendações e a cordialidade com que sempre me recebeu. Estou grata por ambas e também pela liberdade de acção que me permitiu, que foi decisiva para que este trabalho contribuísse para o meu desenvolvimento pessoal.

Em segundo lugar, agradeço ao Mestre Carlos Aguiar pelas muitas sugestões, e críticas fundamentais à elaboração do meu tema e a cordialidade com que sempre me recebeu.

Gostaria ainda de agradecer à minha irmã Carla e ao meu cunhado Filipe, por partilharem comigo todo o processo de produção da tese, sendo uma das mais importantes fontes de apoio intelectual e afectivo, sem os quais certamente esta tese não chegaria ao fim.

Aos Cerâmico, pelas muitas informações e pela sua generosidade, facultando-me dados e fontes de informação sobre o tema, assim que souberam do meu interesse pelo assunto.

Ao meu pai e à minha avó, por todo apoio, carinho e, especialmente à minha mãe, pelo incentivo e força que me deu na fase inicial da tese e posteriormente pelo conforto espiritual. É a minha mãe a razão disto tudo e, é a ela que ofereço a minha tese.

A todos agradeço, profundamente, e dedico o resultado deste trabalho.

palavras-chave

segurança, design, máquina ferramenta, cerâmica estrutural

resumo

O presente trabalho propõe-se divulgar um estudo que consiste em avaliar a forma como a segurança e o design contribuem para a concepção de máquinas ferramenta mais seguras. Este estudo foi efectuado para o sector da indústria da cerâmica estrutural, dada a importância que o sector apresenta para o distrito de Aveiro.

Não se poderia iniciar esta avaliação sem o conhecimento da indústria cerâmica estrutural, das suas máquinas ferramenta e respectivos problemas de segurança, bem como das possibilidades do design para a segurança activa e passiva das máquinas ferramenta.

Optou-se então, nesta dissertação, pela inicial de todas as máquinas ferramenta do processo produtivo da indústria cerâmica estrutural e pela posterior escolha de uma máquina ferramenta, Mesa de Corte Multifio, para análise de riscos e seu redesign, tendo em vista a concepção de uma máquina mais segura.

A metodologia utilizada na avaliação de segurança da máquina ferramenta, consistiu numa Avaliação de Risco, pelo método W. T. FINE.

Esta Avaliação de Risco, considerou os requisitos legais e regulamentares, bem como a análise prática de todos os factores de risco na máquina ferramenta, pretendendo-se deste modo a análise de todos os factores de risco na máquina ferramenta em estudo.

O resultado da Avaliação de Risco conduziu a propostas de melhoria para a mesma, tendo-se procedido ao seu redesign.

keywords

safety, design, tool machines, structural ceremaic

abstract

The evaluation of the contribution to make more secure tool machines combined safety and design was the objective of this study. Considering the economic importance of one particular industry in the Aveiro district, the study approach the ceramic industry and more precisely the structural ceramic industry.

We can't initiate this evaluation with out knowing the structural ceramic industry. Their tool machine and safety problems attach, and the design possibilities to increase the tool machine active and passive safety.

Including is the dissertation there is a initial analysis off all tool machines used in the ceramic production process industry, focusing after in a one precise tool machine a "Multifio" Cut Table and there risk analysis and redesign forward a more secure machine.

The methodology used in the tool machine safety evaluation was by W. T. Fine risk evaluation method.

The legal issues and regulamentation lays as well one practical analyse of all tool machine operations were including in the hazard evaluation, to make sure that all risk factors considered in the study of this particular tool machine.

The hazard evaluation to improvement proposals and machine redesign.

After redesign procedure the hazards evaluation to the operator were again made. The new hazard evaluation used the same method previously identify.

The result of this revaluation leads to more secure tool machine conception.

And result of this dissertation we concluded that one hazard evaluation that have in consideration the operator and the active and passive safety in the tool machine can lead design to concept more safety tool machine.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
Referências	8
1 DESIGN E SEGURANÇA	9
Introdução	10
1.1. O design	12
1.2. Design e segurança	24
1.3. Segurança	27
1.4. Normas e legislação	30
1.5. Princípios de concepção de máquinas seguras	36
1.6. Análise Conceptual da Segurança	38
1.7. Fundamentação da avaliação de riscos em contexto organizacional	44
1.8. Medidas de controlo - preventivas e correctivas	45
1.9. Tratamento dos riscos	46
Resumo	47
Referências	48
2 CERÂMICA	51
Introdução	52
2.2. História da cerâmica estrutural dos primórdios até ao século XXI	54
2.3. História da mecanização da produção	65
2.4. As máquinas hoje	73
2.5. Evolução do design para segurança activa e passiva nas máquinas ferramentas da cerâmica estrutural	80
Resumo	93
Referências	94
3 ESTUDO CASO	96
Introdução	95
3.1. Razões do estudo	97
3.2. Caracterização da máquina em estudo	100
3.3. Método avaliação de risco	102
3.4. Aplicação	109
3.5. Proposta melhorias	110
3.6. Redesign	129
3.7. Reavaliação da proposta de melhorias	133
Resumo	134
Referências	135

CONCLUSÕES	136
BIBLIOGRAFIA GERAL	140
ÍNDICE DE ANEXOS	143
ANEXO I – PRIMEIRO ANEXO	144
ANEXO I – SEGUNDO ANEXO	145

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1- século XVI claustro Convento de Santa Clara – Évora	57
Ilustração 2 - Tipos de tijolo cerâmico	59
Ilustração 3 - Formatos correntes de tijolo furado	59
Ilustração 4 - Formatos normalizados de tijolo segundo a NP 834	61
Ilustração 5 - Tijolo de furacão vertical	63
Ilustração 6- disco de madeira girava, movido por um animal à maneira de mós	65
Ilustração 7 - Ilustração do séc. XIX do moinho de argamassa que era usado para misturar o barro.	65
Ilustração 8 - Prensa de tijolo, patenteada em 1845, por Alfred Hall, a máquina incorporava o moinho onde era injectado o barro, sendo posteriormente multiplicado.	66
Ilustração 9a - Máquina para corte de tijolo, a matéria-prima era cortada em blocos longos antes de ser transferida para a zona do corte onde era subdividida no tamanho adequado	66
Ilustração 9b - Máquina corte de tijolo, totalmente automatizada operando por energia eléctrica através de um gerador	67
Ilustração 10- Corte e secagem no solo	67
Ilustração 11 - Celeiro de secagem	67
Ilustração 12 - Secador com área de transporte	68
Ilustração 13 - Secador	68
Ilustração 14 - Secador de Moller e Pfeiffer	69
Ilustração 15 - Secador de Keller	69
Ilustração 16 - Forno construído em tijolo	69
Ilustração 17 - Transportador barro Designado por " pássaro" ou" pardal"	70
Ilustração 18 - Carro de mão	70
Ilustração 19 - Vagão mecanizados de transporte	70
Ilustração 20 - Transportador Horizontal	71
Ilustração 21 - Vagão de transporte de tijolo	71

Ilustração 22 - Transportador vertical	71
Ilustração 23 -Carro paletes	72
Ilustração 24 - Layout do processo de fabricação de tijolo	78
Ilustração 25 - Esquema do processo fabril	79
Ilustração 26 - Destoroador	83
Ilustração 6 - Doseador	83
Ilustração 28 - Amassador	83
Ilustração 29 - Laminador	84
Ilustração 30 - Parte de acesso à extrosura (fieira)	85
Ilustração 31 - Passagem do molde para área de corte	85
Ilustração 32 - Zona interior do secador	86
Ilustração 33 - Entrada do produto para a zona de cozimento	87
Ilustração 34 - Elevação aérea através de pinças	87
Ilustração 35 - Empurrador hidráulico, colo e retira as vagonas na linha	89
Ilustração 36 - Transfer de movimentação das linhas e abastecimento da estufa e forno	89
Ilustração 37 - Movimentação das vagonas	89
Ilustração 38 - Mesa Corte Multifio	101
Ilustração 39 - Distâncias de segurança para prevenir zonas perigosas	123

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I - Delimitação do sector	52
Tabela II - Características do material cerâmico	60
Tabela III - Características dos tijolos cerâmicos	60
Tabela IV - Distribuição dos consumos	64
Tabela V - Índice de sinistralidade laboral ao longo do triénio 1999-2001	98
Tabela VI - Inquérito para análise ergonómica	112
Tabela VII - Dados antropométricos	113
Tabela VIII - Propriedades mecânicas dos polímeros	117
Tabela IX - Exemplo dos possíveis Movimentos livres	121
Tabela X - Distância aos membros inferiores	121
Tabela XI - Distância aos membros inferiores	121
Tabela XII - Distância aos membros superiores	122
Tabela XIII - Distância aos membros superiores	122
Tabela XIV - Distâncias de segurança para prevenir zonas perigosas	124

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- *Análise custo-benefício*

29

Introdução

A melhoria da *segurança* constitui um dos maiores desafios que o nosso país enfrenta no contexto europeu. A diminuição de acidentes de trabalho com a utilização da *máquina ferramenta*, em particular, é um dos factores para o aumento da nossa competitividade.

O conhecimento dos riscos associados à utilização da *máquina ferramenta* e a minimização dos seus efeitos sobre os acidentes de trabalho são tarefas que exigem uma intervenção específica adequada, capaz de avaliar os problemas existentes e de propor soluções compatíveis com a realidade.

Actualmente, assim como no passado, a utilização da *máquina ferramenta*, mesmo sofisticada, continua a ser fonte de um grande número de acidentes, que ocorrem na maioria dos casos, quer pelo facto da *segurança* não ser devidamente contemplada durante a sua concepção e produção e por outro lado, pelo facto de o operador não estar alertado para os riscos que corre.

Torna-se, assim, necessário encontrar uma solução que permita conciliar o avanço crescente do trabalho mecanizado com a meta final de redução do número de acidentes de trabalho que esta implica.

Das medidas adoptadas, nos vários países, destaca-se a tendência para regulamentar e normalizar a concepção, a produção, a utilização e a manutenção das máquinas, existindo uma consciência para a actualização e aperfeiçoamento da legislação comunitária e nacional referente a esta matéria.

Portugal, e no que importa à relação de *segurança*, ainda não se desvinculou totalmente da sua posição "país em produção", conforme o prova o índice de sinistralidade nas nossas indústrias.¹

Se é verdade que na concepção e produção de máquinas dotadas de sistemas de *segurança* mais eficazes se vai consumir uma redução de acidentes, não é menos verdade que as máquinas, só por si, não causam problemas. Toda a máquina para

executar o seu trabalho, carece de ser colocada em movimentação. É pois, da interacção entre o homem e a máquina que podem ocorrer acidentes de trabalho.

Urge, portanto, de forma cada vez mais premente, responder ao imperativo legal², onde o elevado índice de acidentes de trabalho continua a ser uma pesada factura na economia portuguesa, estimando-se entre custos directos e indirectos, gastos de 30 milhões de euros, na última década¹. A participação cada vez mais activa, do *design* industrial, no cumprimento dos requisitos legais aquando da concepção da *máquina ferramenta*, descurada até ao momento, irá contribuir para a concepção de máquinas mais seguras, com a introdução de aspectos físicos, psicológicos, ergonómicos entre outros.

Com efeito, esta é uma matéria de importância capital, que exige, ser consumada.

É oportuno, nesta altura, abordar os vários conceitos de *design* e o conceito que se pretende para este estudo.

O *design* está, essencialmente, marcado por vários significados. “Segundo vários pontos de vista, evoca uma imagem de moda feminina, de *design* de roupas, mobiliário, tecidos e interiores, ou mesmo objectos. Para alguns, abrange a arquitectura, para outros, a faceta criativa da engenharia, a engenharia de *design*. Para um pequeno grupo, sugere a actividade que abrange tanto a forma como a função dos produtos fabricados, o *design* industrial.”³

Alguns autores, também identificam a origem do *design*, como a primeira tentativa do homem na fabricação das suas primeiras ferramentas. Contudo, pode dizer-se, que esta identificação não é mais do que uma imagem poética e uma invocação teórica.

O *design* industrial é usualmente entendido como uma actividade que se ocupa da concepção de produtos para a fabricação industrial. Esta definição, apesar de ser amplamente difundida, não consegue traduzir a natureza desta profissão de maneira satisfatória.

O trabalho do designer caracteriza-se pelo processo criativo, independente da natureza do processo produtivo, “Projectar significa coordenar e integrar todos os factores que fazem parte do processo construtivo do produto, considerando tanto

factores relativos à função e à utilização do produto, como os que se relacionam com a sua produção.

Sempre levando em conta que a actividade de coordenar e integrar estes factores está condicionada pelo contexto sócio-cultural e económico onde a profissão está inserida”.³

O *design* industrial é uma actividade relativamente nova enquanto profissão, apesar da produção de objectos utilitários ser tão antiga como a própria humanidade. O verdadeiro interesse pelo projecto de máquinas industriais só se começou a manifestar no início da revolução industrial.

Herny Dreyuss, da empresa Deere (fabricantes de tractores),³ um dos pioneiros na profissão como *designer* industrial, considera que, no seu trabalho, o *design* começou por eliminar o excesso de decoração, mas o seu verdadeiro trabalho, como designer em máquinas industriais, só teve o seu início quando se empenhou em dissecar o objecto, em conhecer aquilo que fazia, como funcionava e a idealizar novas formas para operar melhor. Só depois é que se preocupou no melhoramento do aspecto externo.

Das definições anteriores, o *design* que se pretende talhar neste estudo é o *design* de engenharia ou *design* mecânico⁴ que, não possui directamente preocupações de ordem estética, mas sim de funcionalidade e especificamente de *segurança*. No entanto, devemos salientar que, uma obra de concepção e produção de uma *máquina ferramenta*, mais propriamente de pura engenharia, tem o poder de nos fascinar, tornando-se por isso, numa obra estética. Mas a beleza está implícita num estudo cuidadoso e lógico, interessado em responder, com uma precisão científica e técnica, à sua função.

O *design* como ferramenta multidisciplinar que é, recorre a um conjunto de competências técnicas das quais algumas são específicas e outras dependem da engenharia ou outros sectores (tendo no meu entender, o sector da *segurança* um papel primordial). O papel do designer na concepção da *máquina ferramenta*, deverá ser o de levantar e analisar todos os aspectos de um produto concebendo-o através de uma série de etapas de acordo com as necessidades do cliente, entre elas, as que estão estreitamente ligadas aos aspectos físicos e psicológicos.

Por conseguinte, o *design* é uma importante ferramenta que se integra à concepção, desde o seu início, para que possa definir mecanismos, sistemas, aspectos formais e os aspectos cognitivos aplicados ao produto e à interface do mesmo, evitando toda e qualquer situação de risco não só com relação ao operador mas, também com relação a todo o processo de concepção.

A *segurança* constitui assim, uma base de informação privilegiada para a concepção da *máquina ferramenta*. Ao conceber uma máquina, o projectista deve levar em consideração as metodologias da *segurança*, como verdadeiras ferramentas do projecto.

Efectivamente, a reestruturação crescente do sector da máquina em termos tecnológicos, justificam uma análise da interacção possível entre estas mudanças e das suas repercussões, nomeadamente, ao nível de acidentes de trabalho e risco associados, ou seja, numa análise das alterações necessárias em termos de concepção das máquinas de forma a que os fundamentos do *design* e requisitos de *segurança* estejam cada vez mais interligados e participantes na concepção das mesmas.

A inexistência de estudos sistemáticos de integração de requisitos de *segurança* e o *design* industrial, mais precisamente, no sector das máquinas industriais, motivaram o aparecimento do tema “ *Segurança e Design na Máquina ferramenta*” a desenvolver esforços de forma a obter uma primeira amostra das condições de trabalho actuais e no intuito de caracterizar, à luz das normativas internacionais, a realidade portuguesa.

O tema desta dissertação “*Segurança e Design na Máquina ferramenta*” surge ainda no intuito de explorar o potencial do *design* e da *segurança* na diminuição de acidentes de trabalho em máquinas ferramenta.

De entre os vários sectores produtivos existentes em Portugal, o sector da indústria cerâmica foi o escolhido para o desenvolvimento da dissertação, dado o significado económico e social deste sector, nomeadamente para a Região Centro do País.⁵

Dentro deste sector, destaca-se a indústria cerâmica estrutural, sendo a zona de maior proliferação o distrito de Aveiro.

Os riscos profissionais associados a esta actividade, bastante diferenciados consoante o subsector que se considere, são razoavelmente conhecidos o que, em princípio, permitiria a adopção de medidas adequadas na fase de projecto de uma determinada instalação.

Este sector salienta-se pela sua dimensão e, como actividade integrante no ciclo da satisfação das necessidades da sociedade (produção de tijolo), inevitavelmente tomadora de máquinas e consequentemente portadora de acidentes de trabalho, que até este momento não mereceu uma atenção especial.

A partir da ideia do *design* e da *segurança* como ferramenta necessária à solução de problemas humanos, respeitantes aos riscos homem-máquina, pretende-se analisar a importância do *design* e *segurança* no processo de concepção, tendo em conta as normas e legislação de *segurança* em vigor, nas máquinas da cerâmica estrutural, estudando a sua evolução desde os primórdios até ao século XXI.

Como objectivo último, esta tese é um estudo de caso que propõe o redesign de uma máquina da cerâmica estrutural, associando o uso das ferramentas *design* e *segurança* (passiva e activa) e a avaliação de riscos, pretendendo deste modo promover a prevenção dos riscos homem-máquina e contribuir para a futura concepção e produção de máquinas mais seguras.

São nomeadamente abordados:

1. *Design* e *Segurança*;
2. Cerâmica;
3. Estudo caso;
4. Conclusões.

A Estrutura da Tese inicia-se com uma secção dedicada aos Agradecimentos e uma secção que constitui o Resumo da dissertação. Segue-se a Introdução, na qual se define o problema e objectivos da dissertação, se faz uma descrição dos diversos capítulos e, por fim, se apresentam as conclusões da dissertação.

O capítulo 1, *Design* e *Segurança*, começa por abordar a semântica de *design*, assim como, a sua trajectória evolutiva no *design* da *máquina ferramenta*. Seguidamente aborda o tema, *Design* para *Segurança* Activa e Passiva, expondo-se

o modo como intervêm no projecto de uma máquina segura. O subcapítulo *Segurança*, começa por apresentar o enquadramento teórico da *segurança*, passando por uma, perspectiva técnica com definições da terminologia utilizada. Este subcapítulo destinar-se-á também, a um melhor conhecimento e, sobretudo, capacidade acrescida de interpretação e aplicação legislativa comunitária e portuguesa da *segurança* nas *máquinas ferramenta*.

No capítulo 2, Cerâmica, o primeiro subcapítulo, A História da Cerâmica Estrutural dos Primórdios até ao Século XXI, apresenta o descritivo, da importância da produção de tijolo, qual a sua origem e, o porquê da sua descoberta. Por outro lado, evidenciar-se-á quais os tipos de tijolo produzidos, características, normalização e avanços tecnológicos.

No subcapítulo, História da Mecanização da Produção da Cerâmica Estrutural, expõe-se a forma como se desenvolveu a descoberta de cada máquina que constitui o ciclo produtivo desta indústria e a sua evolução histórica. No subcapítulo, *designado*, As Máquinas Hoje, dedicado a uma análise mais estreita do processo de fabrico neste sector cerâmico e o comportamento da estrutura industrial, com a nova tecnologia.

No subcapítulo Evolução do *Design* nas Máquinas para *Segurança* Activa e Passiva da Cerâmica Estrutural, apresenta a evolução das condições de *segurança* nas máquinas ferramenta do processo produtivo da cerâmica estrutural.

Capítulo 3, Estudo Caso, inicia-se com o subcapítulo, Razões da problemática da escolha da máquina, justificando a escolha realizada. No subcapítulo seguinte, Caracterização da Máquina de Estudo, caracteriza-se a máquina a ser estudada. Seguidamente tem-se um subcapítulo designado, Método de Avaliação de Riscos, que expõe o método aplicado para efectuar a avaliação de riscos nesta máquina. Tem-se de imediato a, Aplicação, dedicado a analisar os riscos para a *segurança* dos operadores no trabalho decorrente das circunstâncias em que o perigo ocorre, onde se utilizada o método referido no subcapítulo anterior e, se realiza a avaliação de riscos à máquina.

O subcapítulo, Proposta de Melhorias, tem por vista seleccionar medidas de *segurança* apropriadas, expondo a análise dos dados obtidos. Posto isto, segue-se

um subcapítulo, Redesign, destinado à realização de um protótipo com as propostas de melhorias.

No último subcapítulo, Reavaliação da Proposta de Melhorias, pretende-se reavaliar as propostas de melhorias obtidas na avaliação de riscos e apresentadas através do protótipo, com o propósito de destacar que a ferramenta *design* e *segurança* será indispensável na concepção de máquinas ferramenta seguras.

O Capítulo final, Conclusões, faz uma súmula dos resultados obtidos neste estudo, no qual se elabora uma resenha, abrangendo a forma como o estudo foi conduzido, quer nas especificações teóricas de *design* e *segurança*, quer as que decorreram mais genericamente do método utilizado, a avaliação de risco. Finalmente apresentam-se as recomendações da conveniência da aplicação do *design* e *segurança*, nas máquinas da cerâmica estrutural, começando por apontar as recomendações que derivam directamente do estudo, mas aduzindo também outras de âmbito mais alargado ou de carácter teórico.

Referências

¹ **www.fenprof.pt**

² **Directiva 98/37/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 Junho “relativa à aproximação dos Estados-membros respeitantes às máquina

³ **LORENZ**, Cristofpher, “A dimensão do Design”, Centro Português do Design, 1991, [pp.xi]

⁴ **LAGE, Alexandra, DIAS, Suzana**, “Desígnio-Parte 1”, Porto Editora, 2003, [p.16

⁵ **OLIVEIRA**, António, “A indústria de Cerâmica Portuguesa”, KÉRAMICA, nº255 Setembro/Outubro de 200, [pp.14-32]

.

Introdução

Trata-se aqui, de introduzir as ferramentas, *design* e *segurança*, que contribuem decisivamente para alcançar o resultado que se ambiciona com o estudo, *máquinas ferramenta* da cerâmica estrutural seguras. Como acontece com todas as outras áreas do conhecimento, a aplicação do *design* e *segurança* tem as suas especificidades próprias que convém conhecer para retirar todos os benefícios.

Provavelmente o vaidoso proprietário de um dispendioso e glamoroso “designer watch” não terá qualquer ideia de que as não-glamorosas máquinas que realizaram as suas peças, bem como a fábrica onde tal objecto foi realizado, resultaram do *design*. De facto, enquanto alguns associam a ideia de *design* à concepção estética de produtos e, no caso de gente um pouco mais sofisticada, também ao respectivo aspecto ergonómico, para outros, a palavra *design* é essencialmente traduzida por “projecto”.¹

No caso da concepção e desenvolvimento da *máquina ferramenta*, o *design* não têm directamente preocupações de ordem estética, mas sim essencialmente de funcionalidade, economia, simplificação, sendo definido como o uso de princípios científicos, informação técnica e imaginação na definição de uma estrutura, máquina ou sistema para desempenhar funções pré-especificadas, com a máxima economia e eficiência. A responsabilidade do *designer* cobre todo o processo desde a concepção até às instruções para produção, e o seu interesse continua através da vida expectável do produto em serviço.¹

Como muito bem descrito por Charles e Crane,² *design* é um processo complexo, que visa especificar tudo o que é necessário saber-se para que algo seja feito, e podendo ser caracterizado em termos de quatro atributos: função, aspecto, processo de fabrico e custo.¹

É pois, uma actividade criativa que determina as propriedades formais dos objectos produzidos industrialmente. Porém, as propriedades formais não se devem entender apenas às características exteriores mas, sobretudo, às relações estruturais e funcionais

que fazem de uma *máquina ferramenta* uma unidade coerente, do ponto de vista do *design* e da *segurança*.

Por outro lado, a *segurança* visa garantir a capacidade de trabalho dos operadores, pelo que se centra em abordagens preventivas ou de cariz correctivo, introduzidas na continuidade de incidentes, acidentes ou manifestações de factores mais graves decorrentes da operação homem-máquina.

Ora, mais complexidade tecnológica implica mais falhas no sistema, logo, mais riscos para os operadores. Por conseguinte, importa desenvolver técnicas para a minimização ou eliminação dos riscos, quer para o homem, quer para a máquina e metodologias preventivas, possuindo estas no seu conteúdo os referenciais normativos e regulamentares.

A *segurança* nas *máquinas ferramenta* assume uma importância crescente na vida das empresas. Confrontadas estas que estão com um novo quadro de competitividade, é cada vez mais na direcção de vectores estratégicos centrados no *design* e na *segurança* que elas procuram reforçar competências.

Em sùmula, para obter *máquinas ferramenta* com a máxima *segurança*, o desígnio é utilização simultânea do *design* e *segurança*, quer para a concepção e desenvolvimento de novas máquinas, quer para o redesign de *máquinas ferramenta* em uso.

1.1. O design

1.1.1. Design e a máquina ferramenta

Não é de todo congruente, relacionar o *design* de *máquinas ferramenta* apenas à estética, porém a estética está relacionada ao *design*. Contudo, quando se aborda o tema é necessário observar a *máquina ferramenta* para além da sua estética e, percebe-la de “dentro para fora”, ou seja, os seus aspectos estruturais e funcionais que fazem de uma *máquina ferramenta*, um equipamento ajustado, às necessidades do mercado.

O Processo produtivo da indústria da cerâmica estrutural e, devido à matéria-prima usada, o barro, é um ambiente poeirento, originando máquinas cobertas de pó e barro seco que se vai acumulando durante o processo de fabrico do tijolo. Posto isto, é fácil concluir que os tipos de *máquinas ferramenta* existentes na indústria da cerâmica estrutural, não são mais, que máquinas robustas, resistentes e fiáveis ao ciclo produtivo.

Das visitas efectuadas às várias cerâmicas estruturais, constatou-se que a maioria das máquinas existentes não relaciona a ideia de que as *máquinas ferramenta*, são feitas para servir pessoas e, que devem ser concebidas tendo em mente o operador, asseverando as diferenças de capacidades e de limitações entre eles.

Verificou-se também, que não fomenta uma perspectiva de “sistema”, não faz o reconhecimento de que *máquinas ferramenta*, ambientes e pessoas não existem isoladamente.

O *design*, sendo um utensílio fundamental para planear, desenvolver, projectar qualidade e *segurança*, inovar ou renovar *máquinas ferramenta* é assim, uma ferramenta que congrega maior valor à *máquina ferramenta*. Concentrando-se o *design* directamente na produção de soluções para problemas específicos da função, da economia, da estética, da intervenção das cores, do ambiente, a sua função fica completa se considerar igualmente a *segurança*, a ergonomia, o ruído, a sinalética, na concepção da *máquina ferramenta*.

Num cenário, onde os acidentes ocorrem com alguma frequência e onde a procura por parte dos empresários exige mais, obriga os fabricantes deste tipo de *máquina ferramenta* a investir em políticas diferentes e, encetar na utilização de novas áreas, que não poderiam deixar de ser, *design* e *segurança*. Com a fusão de ambas, acercamos o ponto fulcral da dissertação *segurança* e *design*, com a utilização destas duas ferramentas é que conseguimos atingir o objectivo, *máquinas ferramenta* na indústria da cerâmica estrutural seguras.

A função do *design* acarreta assim responsabilidades, além de outras áreas acima referidas, também a área da *segurança*, sendo a *segurança* a aptidão de evitar o aparecimento de acontecimentos críticos e catastróficos, fá-lo identificando, controlando os perigos e efectivando a avaliação, obtendo assim, a eliminação ou a redução dos riscos (físicos, químicos, ergonómicos, mecânicos, eléctricos e de sinalética) associados a cada *máquina ferramenta*. Com estas premissas estamos perante uma forte ferramenta que nos transmite garantias de qualidade e fiabilidade quando usadas na concepção e desenvolvimento de máquinas para a Indústria da cerâmica estrutural.

Por conseguinte, não agregando a *segurança* no *design* inicial será uma valia elaborar uma avaliação de risco e, com os resultados dessa avaliação realizar o redesign da *máquina ferramenta* em uso e torná-la numa máquina mais segura, um dos objectivos propostos para a dissertação.

É pois, interessante verificar o quão difícil é, hoje utilizar o *design* em determinadas áreas industriais e, se recuarmos no tempo poderemos averiguar que tudo o que temos presentemente, o telefone, a máquina de lavar a loiça, a máquina de lavar a roupa, a televisão, o computador e até mesmo os tractores, se devem exclusivamente às indústrias que não tiveram receio em apostar no *design* industrial.

“O *design* industrial é decididamente um fenómeno do século XX. As suas raízes encontram-se na separação entre *design* e produção, que ocorreu com a Revolução Industrial.

Mas foi apenas depois de 1900 que a função do *design* industrial começou a desenvolver-se. Originalmente criado como um nome mais pomposo “arte industrial”, os seus aspectos mais técnicos, a que no século XIX se dava o nome de “invenção”, assumiram a expressão “*design* de engenharia” ou “engenharia do *design*”, embora actividades menos complexas no âmbito do processo do *design* sejam descritas como “desenho técnico”.

O primeiro uso oficial do termo *design* industrial, com o seu significado específico, de que há conhecimento, teve lugar em 1913, quando o Comissário de Patentes dos Estados Unidos propôs uma mudança dos regulamentos para proteger a propriedade no *design* industrial. A frase foi usada muito claramente como uma descrição genérica para distinguir entre forma e a função do produto.

Contudo, considera-se que o nascimento do *design* industrial ocorreu seis anos antes, com maior intensidade na Alemanha do que nos Estados Unidos. Em 1907, varias companhias alemãs encomendaram a um grupo de artífices e de architectos o projecto de diversos produtos para o fabrico de *máquinas ferramenta*. A AEG, a grande empresa alemã de produtos eléctricos, encomendou a Peter Behrens um novo *design* para as suas máquinas.

Desde o inicio, criou-se uma distância enorme entre as concepções europeia e americana de *design* industrial uma, altamente intelectual e dedicada à simplicidade funcional, a outra uma ferramenta de estilização ao serviço das vendas e da publicidade, onde o aspecto exterior era o que mais contava, e o interior pouca importância tinha.

Influenciada pelo Movimento das Artes e dos Ofícios dos finais do século XIX na Grã-Bretanha, a Werkbund lançou-se numa jornada para restituir a dignidade ao trabalho na nova era da *máquina ferramenta*. Um dos seus principais dogmas era a existência de algo chamado o padrão absoluto do “bom *design*”.

Para além do trabalho de Behrens na AEG, nenhuma produziu um efeito muito directo na indústria. Mas apesar de tudo, a Werkbund deixou uma herança incomensurável ao *design* europeu. Em 1919, gerou uma organização cujo impacto ainda tem repercussões nos nossos dias a Staatliches Bauhaus. Dirigida por Walter Gropius e mais tarde por Ludwig Mies van der Rohe, a Bauhaus desenvolveu uma série de teorias inovadoras que iam para além da mera funcionalidade. Realizando a importância da geometria, da

precisão, da simplicidade e da economia, forneceu os sustentáculos intelectuais a mais de meio século de educação e de prática arquitectónica, sob a bandeira do Movimento Moderno.

Por intermédio da AEG, da Olivetti e da Braun, a doutrina da verdade em relação aos materiais e ao *design* funcional abriu caminho para os produtos numa extensa faixa de empresas europeias.

Inicialmente, a natureza elitista da doutrina da Bauhaus desencorajou as atenções de industriais intransigentes. O mais influente foi Adriano Olivetti, um fervoroso estudante de arquitectura, que também levou a ideologia Bauhaus à prática através de ambiciosos esquemas de planeamento urbanístico.

Foi só no final dos anos cinquenta, no meio da recuperação das economias europeias do pós-guerra e do aumento da competição empresarial, que o *design* industrial começou realmente a figurar entre as prioridades da maioria das gestões empresariais. Depois, servindo-se quer das equipas internas de *design*, quer do grupo crescente de consultores de *design*, não tardaram a adoptar uma das diversas variações da doutrina da funcionalidade. Algumas viraram-se para a pesada austeridade alemã, seguindo o exemplo dos irmãos Braun que se tinham deixado vencer completamente pelo fascínio da Hochschule fuer Ges-taltung (Escola Superior da Forma), em Ulm, e contratado um dos seus diplomados mais brilhantes, Dieter Rams. Outras adoptaram a linha escandinava, ligeiramente mais suave, juntamente com o mobiliário dinamarquês, os aspiradores Electrolux e os automóveis Saab. Outras ainda tentaram seguir o exemplo da abordagem italiana, mais artística. A indústria automóvel foi inevitavelmente influenciada pelas tendências do estilo americano, sem no entanto deixar de dar grande atenção à funcionalidade.

Nalguns casos, esta funcionalidade pouco mais era que estilismos, mas um estilismo que tinha alguma relação com o fim a que o produto se destinava. À primeira vista, um automóvel aerodinâmico ou uma locomotiva europeia dos anos trinta poderiam assemelhar-se aos seus congéneres americanos. As diferenças eram contudo consideráveis. As formas europeias apresentavam-se geralmente, mais puras e suaves, nitidamente influenciadas pelas teorias científicas da aerodinâmica, com vista a uma maior velocidade e a um aumento da estabilidade. Enquanto a utilização americana da

aerodinâmica tendia para o excesso, como no caso do uso redundante de motivos aerodinâmicos da aviação nos automóveis e até mesmo nos caixões, muitos designers industriais na Europa trabalhavam em estreita colaboração com designers de engenharia, para criarem uma forte síntese de estética e de tecnologia.

Uma das primeiras empresas a captar a mensagem foi a General Electric que, no princípio dos anos vinte criou uma comissão de “estilismo de produto”. Como nos diz o historiador americano de *design* Arthur J. Fulos, muitos fabricantes rapidamente perceberam que o aspecto do produto num anúncio seria um elemento importante para a sua aceitação pelo público, isto colocava a agência de publicidade e os seus artistas na posição de terem de fazer com que o produto a ser promovido fosse tão atraente quanto útil.

Assim, a publicidade e o apelo do faz-de-conta teatral foram os estímulos principais que estiveram por detrás da criação do *design* industrial na América.

O melhor de entre eles foi Henry Dreyfuss, que se preocupou com a adaptação dos produtos ao conforto do consumidor. Hoje, ainda é visto por muitos como tendo sido «a consciência da profissão do *design*».

Dreyfuss queixou-se desde o princípio do hábito comum em Detroit, de disfarçar aquilo a que ele chamava “boa forma”, forma relacionada com a função. Criticou também a moda da aerodinâmica dos anos trinta embora ele próprio tenha contribuído para a criar. Relembrando o início da década de 50, atacou a ridícula “aerodinâmica” das canetas de tinta permanente, dos carrinhos de bebé e dos apara-lápis. Preferia o conceito de “linhas puras”, no qual um aspecto aerodinâmico estava directamente relacionado com função. Admirava, por exemplo, o modo como o *design* das torradeiras tinha sido melhorado pela eliminação de protuberâncias inúteis e de ângulos inestéticos que não só estragavam as linhas puras como também interferiam com um funcionamento eficiente. Referindo as torradeiras de 1929, com os seus botões e ângulos que esfolam os dedos, ranhuras impossíveis de limpar e uma total ausência de beleza, ao lado do modelo actual, e a diferença é evidente.

Quando nos finais da década de vinte foi consultado pelos armazéns Macy's e pela Bell Telephone sobre a maneira de fabricar produtos com formas, contornos e cores que

fizessem aumentar o volume de vendas, Dreyfuss insistiu repetidamente que os exteriores em si eram irrelevantes e que ele apenas partiria «do interior para o exterior». Foi a partir desta abordagem, intimamente relacionada com o princípio de que a forma se deve subordinar à função, que Dreyfuss baseou décadas de bem sucedida colaboração com a Bell (e depois com a AT & T), bem como com a Sears, com a empresa de camiões basculantes Hyster e com inúmeras outras grandes empresas Americanas. Entre as suas criações para a Bell contam-se vários aparelhos telefónicos clássicos, que ainda se encontraram em uso em milhares de lares e escritórios em todo o mundo.

Dreyfuss estava assim a prestar uma atenção extremamente cuidadosa ao impacto dos produtos sobre o utilizador, muito antes do aparecimento da ergonomia como disciplina, depois da II Guerra Mundial. De facto, ele próprio é largamente reconhecido como um dos criadores dessa disciplina, com os seus livros “*Designing for People*”, 1955 e “*The Measure of Man*” (1961). Em toda a sua obra escrita e no trabalho da sua firma, destacam-se os desenhos antropométricos de “Joe e Josephine”, que mostram todas as possíveis variações de dimensão de um casal tipo americano: tronco, pernas, braços, distancia de visão, entre outros.

Ao descrever Joe e Josephine como os heróis do seu livro de 1955, Dreyfuss tornou bem clara a profundidade da sua convicção de que os designers industriais se deviam preocupar não apenas com a aparência, mas também com a função. E citou a máxima favorita da sua empresa: “Nos objectos em que estamos a trabalhar, as pessoas irão viajar, sentar-se. Irão olhar para eles, falar através deles, accioná-los, manobrá-los ou dar-lhes qualquer outra utilização, individualmente ou em grupo. Se o ponto de contacto entre o produto e as pessoas se torna um ponto de fricção, é porque o designer industrial falhou. Se por outro lado, as pessoas se sentem mais seguras, mais confortáveis, mais dispostas a comprar ou apenas mais felizes o designer cumpriu a sua função.”

Esta abordagem invulgarmente meticulosa do *design* ajuda a explicar o motivo pelo qual a Henry Dreyfuss Associates foi, de entre as primeiras empresas de consultoria de *design* americanos, uma das poucas a sobreviver à morte do seu fundador e ao aumento crescente, por parte das empresas suas clientes, do uso de equipas de *design* internas.

Em colaboração com Charles Eames, famoso pelas cadeiras Hermán Miller, Noyes foi um elemento que se destacou da comunidade tradicional americana Jo *design* industria.

Com função em arquitectura e, como tal, fortemente influenciado pela corrente Bauhaus, aderiu a doutrina do *design* simples e “puro”, defendida pelo Movimento Modernista.

Noyes foi contratado em 1956 como Director-Consultor de *design* da IBM, cujo administrador, Tom Watson Jr., era um grande admirador dos produtos da Olivetti, uma das mais importantes rivais da IBM. Sob a direcção de Noyes, o *design* da IBM transformou-se num modelo de classicismo e de comedimento, bem como de gestão sistemática. Percorrendo todo o espectro, desde os produtos, às comunicações e ao ambiente, contribuiu para que a imagem da “Big Blue” fosse a de uma empresa sólida e fiável, bem posicionada no mercado. Desde a morte de Noyes, em 1972, a sua política de *design* tem sido seguida com fidelidade.

Dado o sucesso da abordagem de Noyes na IBM e noutras empresas, pode parecer surpreendente que só nos anos 80 a indústria Americana tenha realmente começado a descobrir os atractivos de aliar a forma à função, sempre que possível, e (mesmo nos produtos electrónicos, em que a forma e a função actualmente quase não tem qualquer relação entre si), de praticar uma sobriedade visual. A explicação deve vir, em grande parte, pelo facto de, mesmo face a uma vaga de importações de designs funcionais da Europa e do Japão, os hábitos profundamente enraizados não se perderem facilmente, sobretudo entre os executivos conservadores das empresas.

Um factor positivo por detrás da mudança tardia dos Estados Unidos para uma abordagem mais integral, é o facto de o *design* Europeu se ter tornado menos austero e rigoroso e portanto mais atraente para os Americanos. Desde o início dos anos setenta que a sobriedade, cujo expoente máximo é representado pela Braun, perdeu uma parte da sua influência na Europa e, houve mais que uma tentativa de apelo ao lado sensual do consumidor, as máquinas de escrever Olivetti, já não podem ser descritas como puramente funcionais, quer no que diz respeito à cor, quer à forma. O mesmo se pode dizer quanto aos electrodomésticos e aos automóveis alemães.

Breve cronologia da presença do *design* em *máquinas ferramenta* ao longo dos anos.

Benjamin Franklin descobriu, em 1752, a electricidade, que hoje em dia consumimos avidamente e da qual somos completamente dependentes e, James Watt, em 1765, inventou a Máquina a Vapor que iria dar início à Revolução Industrial.

Em 1769 Richard Arkwright patenteou a máquina de fiar conhecida como Water Frame que melhorou a resistência do fio, muito contribuindo para a liderança inglesa na manufactura mundial têxtil.

Em 1830, apareceu a linha de caminhos-de-ferro entre Liverpool e Manchester (o epicentro da Revolução Industrial). Nesse mesmo ano o alfaiate francês Barthélemy Thimonnier inventou a primeira máquina de coser.

Em 1851 surgiu a máquina de costura Singer e no Crystal Palace, de Joseph Paxton, dava-se a primeira Exposição Universal, em Londres, cidade que também viu nascer o primeiro metropolitano em 1890.

Em 1874 rolava pela primeira vez o primeiro carro-eléctrico de Nova Iorque e em 1876 a Bell efectuava a primeira chamada telefónica.

O motor de Rudolf Diesel, 1893 e o cinematógrafo dos irmãos Lumière, 1895 são outras das invenções revolucionárias dessa época.

No início do século XX, uma frenética série de espectaculares avanços tecnológicos causava impacto social. O motor de combustão interna, o motor eléctrico e os rudimentos das telecomunicações permitiram níveis de eficiência inimagináveis. Artigos anteriormente fabricados à mão passaram a ser feitos de modo mais rápido e barato pela máquina, abalando o papel do artesanato.

A máquina revolucionava também o mundo doméstico e, com o advento do rádio, do telefone e, mais tarde, da televisão, viria a redefinir completamente a comunicação no lar e no trabalho. A linha de montagem acelerou drasticamente a produção de veículos, tornando o carro a motor acessível a um mercado muito mais amplo.

Em 1901 Frank Hornby patenteou o Mecano. Em 1902 T. Edison inventou o acumulador de energia, ou bateria. Em Dezembro de 1903 os irmãos Wright voavam pela 1ª vez num

aparelho mais pesado que o ar, materializando assim o velho sonho da humanidade, mas foi em 1906 que A. Santos Dumont fez verdadeiramente o 1º voo autónomo de um avião, ou seja com descolagem incluída. A A. Santos Dumont também se deve as especificações para a fabricação do 1º relógio de pulso.

Em 1907, Hermann Muthesius, após uma estadia em Inglaterra para actualização e aprendizagem, fundou em Munique a Deutsche Werkbund, dirigida pelo belga Van de Velde, surgindo o Instituto de Artes e Ofícios de Weimar. Foi criada a primeira identidade corporativa (da AEG, que sentiu necessidade de unificar o seu *design*) pelas mãos de Peter Behrens, que nesse ano muda radicalmente o seu estilo, para uma estética mais industrial, provavelmente devido à entrada simultânea na AEG e na Werkbund. Paul Cornu realizava o 1º voo de helicóptero.

O Ford T, de 1908, tornou-se o primeiro automóvel a ser fabricado em série; seguindo os princípios do taylorismo e inspirado nos mecanismos dos transportadores dos matadouros de Chicago, Henry Ford alterou profundamente a vida de milhões de operários em todo o mundo.

Em 1914 a Black & Decker patenteou a primeira ferramenta transportável, um berbequim eléctrico revolucionário em forma de pistola.

Na Alemanha e na Inglaterra, acontece a primeira emissão experimental de televisão, 1925.

Em Março de 1926, Robert Goddard lançou o primeiro foguete de combustível líquido prevendo que “se essa tecnologia fosse usada para disparar um foguetão suficientemente grande, com um combustível poderoso, seria possível atingir a Lua”.

Surgem as primeiras máquinas de barbear eléctricas (1928).

Desde o início do século, os designers testavam os efeitos da dinâmica dos corpos na água e no ar. Com base em estudos sobre a forma e os movimentos dos peixes e pássaros, descobriu-se que os barcos e aviões podiam ser mais eficientes se tivessem o nariz e a fuselagem polidos. Em 1933, o Douglas DC1 fez sua estreia no transporte de passageiros. Radicalmente diferente dos seus desajeitados predecessores, possuía uma estrutura aerodinâmica monobloco, asas integradas e um revestimento de alumínio

reforçado e resistente a ponto de dispensar os tirantes. O DC1, juntamente com o Boeing 247, assinalou o início do moderno voo comercial de passageiros.

Em 1934, a Chrysler lançou o seu novo carro aerodinâmico, o Airflow. Projectado por Carl Breer, era o resultado de extensas pesquisas de aerodinâmica. O seu *design* radical revelou-se um fracasso no marketing. O seu corpo unitário curvo, os pára-brisas inclinados e a traseira prolongada, eram tão diferentes dos carros anteriores que o público não o aceitou, tendo o seu fabrico terminado depois de apenas três anos de produção. No entanto, sendo um sucesso de engenharia, contribuiu muito para a aplicação da aerodinâmica ao *design* de carros, preparando o caminho para que outros designers criassem carros desportivos famosos.

Raymond Loewy era, por essa altura, o responsável pelo redesenho do frigorífico Coldspot Super Six, que assim viu as suas vendas aumentarem 400% e, a baquelite inventada em 1909, começava a ser usada como substituto da madeira mas a sua facilidade de moldagem chamou a atenção dos designers que a aplicam, a partir desta década, nos produtos eléctricos.

Ferdinand Porsche, em 1936, pôs a funcionar 3 protótipos do seu carro do povo, o Volkswagen, de que se calcula tenham sido produzidos 30 milhões (de carochas).

Terminava, também em 36, ao fim de 5 anos, a construção, nos EUA, da Barragem Hoover. Construída durante a depressão, foi um grande projecto de mobilização nacional e a primeira barragem gigante do mundo. O uso do capacete de segurança, ali, foi vital e generalizando-se a partir daí.

Henry Dreyfuss, em conjunto com um equipa de engenheiros da Bell, aperfeiçoou o telefone, tornando a sua utilização mais fácil, o húngaro László Moholy-Nagy, que participara na Bauhaus fundou, na América, a Nova Bauhaus no quadro do Instituto de *Design* de Chicago e o canadiano Donald Hings inventou o aparelho de comunicações sem fios conhecido por *Walkie-Talkie* pelo qual se interessariam os Aliados ao eclodir a II Guerra Mundial.

Em 1938 viu a luz do dia o electrodoméstico mais procurado pelas donas de casa europeias, o ferro de engomar, criação do americano Edmund Schreyer. Em 1939 a Philips lançou a primeira máquina de barbear eléctrica, a Philishave.

1945 foi o ano da criação da popular Velosolex e do primeiro computador electrónico digital dos EUA. Em 1946, organizou-se a exposição "Britain can make it", nasceu o primeiro forno micro-ondas e, comercializou-se a Vespa de Corradino D'ascanio.

Em 1957 foi lançando o Sputnik I, o primeiro satélite a orbitar a Terra. A ciência, as viagens espaciais e a ficção científica tornaram-se uma obsessão. Nos EUA o automóvel tornou-se extravagante, pelas mãos de Harley Earl e da General Motors. Todos os anos são introduzidas novidades de styling, tornando os modelos anteriores obsoletos.

Em 1951 a Remington Rand, antecessora da Unisys, vendeu o primeiro exemplar do primeiro computador, o Univac, para o qual foi criado, dois anos depois, o primeiro. Em 1952 descobriu-se o trabalho do checo Zdenek Kovar, pioneiro dos utensílios ergonómicos e em 1953 fundou-se, na RFA de então, a *Hochschule für Gestaltung* de Ulm.

Nesse ano a Ford criou o primeiro Concept-Car da história, o FX Atmos e a Boeing, a 15 de Julho, fez voar o seu primeiro avião a jacto, o Dash 80. Tornar-se-ia no protótipo do famoso 707 que iniciaria com sucesso a carreira comercial dos jactos de passageiros. A dianteira, neste campo, tinha pertencido aos ingleses de Havilland (se ignorarmos as experiências militares nazis) que em 49 tinham feito voar o Havilland Comet que a perderam depois porque aquele avião revolucionário tinha falhas terríveis no projecto, causadores de vários desastres aéreos em 53 e 54.

A Braun (com um período áureo de 1955 a 1975 devido à liderança criativa de Dieter Rams), a Saab e a Volvo começam a produzir com a preocupação de durabilidade e *segurança*.

Os Transístores (inventados em 1947 nos Laboratórios de Telefones Bell) que substituíram as válvulas tornavam os rádios mais robustos e menos ávidos de energia, ganhando, nesta década, adeptos entre os jovens e passaram a ser sinónimo de rádio pequeno.

Foi o início da febre de consumo. Nas estradas andavam, em 1955, o Citroën Ds e o Fiat 600 Múltipla, o primeiro monovolume alguma vez criado.

Max Bill desenhou o primeiro, em 1957, relógio de parede e depois uma série de relógios de pulso para a Jjunghans.

Em 1958, o Austin Mini, de Issigonis ganhava nova vida, reflectindo o triunfo do impacto e da miniaturização. Nesse sentido, Jack Kilbv, que 9 anos mais tarde viria a ser co-inventor da calculadora de bolso, inventou o circuito integrado, ou microchip, que transformaria a indústria ao inaugurar a era da microeléctronica.

A máquina de escrever *Golfbell 72* da IBM em 1961, o projector de slides Kodak *Carrocel* de Hans Gugelot em 1962, o dispositivo para computadores conhecido por *Rato* (1963) de Douglas Engelbart, a moto Harley Davidson, as tesouras ergonómicas cor laranja da Friskars de Olof Bäckström em 1967 a pequena máquina de escrever

Valentine desenhada por Sottsass para a Olivetti e o *Relógio de Quartz* inventado pela Seiko, foram os objectos de referência da época.

Os carros desportivos de fabricação e *design* italiano, da Lamborghini, da Ferrari e da Lancia, concorriam com a Porsche, Jaguar e Triumph e para dar novo estatuto aos plásticos, os *designers* incorporavam-nos em artigos caros.

Em Outubro de 1973 o Oldsmobile Tornado tornou-se no primeiro carro de venda pública equipado com *air bags*. Os cartões de crédito surgiram em 1974, lançou-se o Kit Mits Altair 8800 que permitia aos particulares terem o seu próprio computador, ajudando assim Bill Gates e Paul Allen a arrancarem com a Microsoft e, a criação da Apple por Stefen Wozniak e Steve Jobs. São ainda desse tempo, o disco compacto da Philips, o Walkman da Sony e a impressora laser da IBM em 1979, os aparelhos de fotocópia e a generalização do saco de plástico, verdadeira praga da sociedade de consumo.

Os avanços tecnológicos produziram muitas mudanças na penúltima década do século XX. Os objectos do quotidiano ganharam formas mais ergonómicas e começa a falar-se em *design* universal. Começa a preocupação com o meio ambiente. Começaram a surgir produtos que podiam ser reciclados.

Nasciam o Modem, inventado pelos franceses da Matra e da TRT, 1980 e a IBM PC, responsável pela generalização do termo Computador Pessoal, 1981). Em 1983, os relógios Swatch e os brinquedos-robot articulados japoneses estavam na berra.

Em 1984 comercializou-se o telefone DynaTac da Motorola e o Macintosh. O primeiro computador a ter uma interface gráfica com o utilizador (GUI), foi publicitado por filme televisivo, de Ridley Scott, considerado dos melhores do século e, o cartão de crédito

multibanco e a respectiva rede de caixas ATM que se tornaram das mais avançadas do mundo. Os mais importantes imperativos na década de 90, o telemóvel, a internet e a via verde da Brisa e da Micro *Design*, pagamento electrónico das portagens das auto-estradas.

O século anterior foi marcado por espectaculares avanços nos campos da Física e da Química. Em Junho deste ano, o Space Ship One, de um projecto da Scaled Composites liderado por Burt Rutan, tornou-se no primeiro veículo privado a ultrapassar os limites da atmosfera”.^{3,4}

Cabe agora ao presente século ser dominado pelas “ciências da vida” colocando as questões da *segurança* no centro das atenções.

1.2. *Design e segurança*

O *design* para *segurança* activa é constituído por uma série de características que activam a mente humana, fazendo-a funcionar em defesa própria, contribuindo para baixar consideravelmente os riscos de acidente.

Uma máquina com *design* para *segurança* activa^{5,6}, deve conter sinais luminosos e acústicos, sinalética ou pictogramas de indicação dos perigos, utilização adequada das cores, (utilizadas para a prevenção de acidentes e empregues para identificar/advertir contra riscos e prevenir casos de fadiga do operador com a máquina), utilização adequada da iluminação e também ter em conta os aspectos circundante à máquina que muitas vezes são negligenciados por nem sempre estarem relacionados com os postos de trabalho submetendo o seu operador a riscos de acidente, são eles: pavimentos inadequados, falta de sinalética de delineação da máquina alertando para o perigo da mesma, ambiente térmico excessivamente quentes e sujeito a poeiras.

1.2.1. O Design na máquina para segurança activa

O *design* para segurança activa é constituído por uma série de características que activam a mente humana, fazendo-a funcionar em defesa própria, contribuindo para baixar consideravelmente os riscos de acidente.

Uma máquina com *design* para *segurança* activa^{5,6}, deve possuir sinais luminosos e acústicos, sinalética ou pictogramas de indicação dos perigos, utilização adequada das cores, que devem ser usadas para prevenção de acidentes, empregues para identificar e advertir contra riscos e prevenir casos de fadiga do operador com a máquina, utilização adequada da iluminação e, também ter em conta os aspectos circundantes à máquina que muitas vezes são negligenciados por nem sempre estarem relacionados com os postos de trabalho submetendo o seu operador a riscos de acidente, são eles: pavimentos inadequados, falta de sinalética de delineação da máquina alertando para o perigo da mesma, ambiente térmico excessivamente quentes e sujeito a poeiras.

1.2.2. O Design na máquina para segurança passiva

O *design* para *segurança* passiva pode não ser tão óbvio, mas representa um importante papel na *segurança*. São dispositivos ou equipamentos que agem independentemente da vontade do operador.

Estes, minoraram as consequências de um acidente que não pode ser evitado. É de fundamental importância a garantia da qualidade, pois uma falha de qualidade pode ter consequências irreparáveis, como a morte das pessoas envolvidas. Para garantir a qualidade, o que significa garantir a vida, os projectos devem ser cientificamente executados e testados e, todos os parâmetros pertinentes devem estar muito claros, desde a fase inicial do projecto. E é claro que todos os potenciais operários devem ter plena consciência do valor e das limitações de tão nobres equipamentos.

São eles: ^{5,6}

- Ergonómicos que se reflectem na adaptação da máquina ao operador em detrimento de ser este que tenha que fazer um esforço suplementar para se adaptar à máquina.
- Órgãos de comando, visíveis e identificados;
- Dispositivos de paragem:
 - i. *Paragem normal.*- Cada máquina deve estar equipada com um órgão de comando que permita a sua paragem total em condições de segurança.
 - ii. *Paragem de emergência.*- Cada máquina deve estar equipada com um ou vários dispositivos de paragem de emergência por meio do (s) qual (quais) possam ser evitadas situações de perigo latentes ou existentes.
- Protectores: protectores fixos/protectores móveis;
- Riscos energia eléctrica;
- Riscos electricidade estática;
- Riscos energia hidráulicos, pneumática ou térmica;
- Riscos incêndio;
- Riscos explosão;
- Riscos vibrações;
- Riscos ruído.

1.3. Segurança

1.3.1. Aspectos ético-sociais

A *segurança* é, na sua mais ampla acepção, um conceito substancialmente unido ao do ser humano, individual ou socialmente considerado.⁷

A sua evolução circunscreve-se ao desenvolvimento humano com a mesma relevância de outros aspectos que são facetas do mesmo poliedro, tais como ecologia, o bem estar social, a estabilização das pressões sociais, em suma, a qualidade de vida em todas as suas componentes e circunstâncias.

Historicamente, a *segurança* como sinónimo de prevenção de acidentes evoluiu de uma forma crescente, englobando um número cada vez maior de factores e actividades desde as primeiras acções de reparação de danos até um conceito mais amplo onde se procurou a prevenção de todas as situações geradoras de efeitos indesejados para o trabalho.⁷

Com efeito, a par da *segurança* social, surgiram e evoluíram países e acções dispostos a prevenir danos às pessoas, decorrentes de actividades laborais. A Prevenção de acidentes no trabalho surge, enfim, como imperativo de consciência face à eventualidade de danos físicos, psíquicos e morais para a vítima, que perderia a capacidade de ganho e a possibilidade de desfrutar de uma vida activa normal.⁷

1.3.2. Aspectos Jurídicos

“A *segurança* dos locais de trabalho constitui a primeira preocupação social que impulsionou a criação da legislação laboral.

Esta preocupação começou, todavia, por se centrar na protecção de terceiros contra riscos derivados da instalação e funcionamento de estabelecimentos indústrias.

A focagem da prevenção do ponto de vista de protecção dos trabalhadores, da sua vida e integridade física e moral foi muito posterior. Deverá aqui destacar-se a actuação relevante da Organização Internacional do Trabalho (OIT), a qual, desde a constituição em 1919, tem atribuído um papel prioritário aos temas de Higiene e *Segurança*, quer no plano das medidas genéricas, quer no das condições específicas por profissões, ramos de actividade e produtos utilizados ou fabricados.

Com base no regulamento-tipo de *segurança* para os estabelecimentos industriais, editado por aquela organização, foi publicado em 1971 o Regulamento de Segurança e Higiene do trabalho nos Estabelecimentos Industriais, aprovado pela Portaria nº 53/71, de 3 de Fevereiro. Este regulamento foi, posteriormente, objecto de alterações, cujo o significado é pouco expressivo (Portaria nº702/80, de 22 de Setembro).

Com efeito, o regime jurídico do contrato de trabalho consagra um genérico dever patronal de protecção do trabalhador, no plano de Segurança e Higiene dos locais de trabalho, decreto-lei 99/2003 de 27 de Agosto.

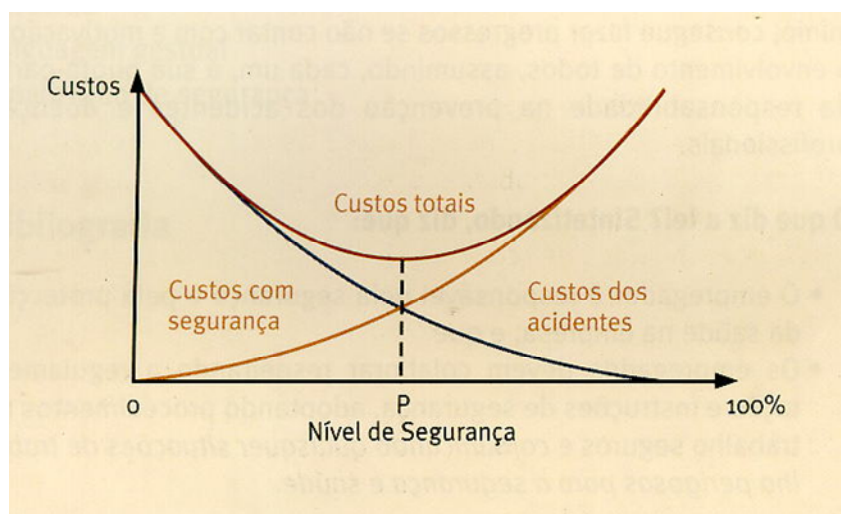
De entre as várias formas que assume na contratação colectiva o tratamento da matéria, cumpre realçar a imposição ao empregador do encargo de emitir um regulamento de Higiene e Segurança, com a particularização dos postos de trabalho considerados perigosos e das medidas de *segurança* a adoptar.

No âmbito da União Europeia são muitas e variadas as matérias que, situadas na área da Higiene, Segurança e Medicina do Trabalho, são objecto de diversos actos comunitários”.⁷

1.3. 3. Analise custo-benefício das actuações da prevenção

Toda a medida preventiva traduz um custo e a sua verdadeira rentabilidade só poderá ser confirmada mediante uma adequada análise custo-benefício.

O balanço entre custos e benefícios pode ser expresso pelo gráfico seguinte:

Gráfico 1- Analise custo-benefício⁷

A curva de custos totais representa a soma dos custos dos acidentes com os custos das actividades preventivas e apresenta um valor mínimo (P) que corresponde ao valor óptimo do grau de *segurança* sob o ponto de vista económico.⁷

Significa, pois, que, segundo um critério estritamente económico, interessa melhorar o índice de *segurança* em situações correspondentes ao ramo esquerdo da parábola de custos totais, sendo essa melhoria não rentável para o ramo direito da curva.⁷

Se o ponto P fosse único, parece evidente que a aproximação entre o ponto real de funcionamento e o óptimo seria o objectivo fundamental de uma actuação preventiva. Na realidade, as duas curvas de custos, além de não serem únicas, dependem dos objectivos e das técnicas de prevenção utilizadas.⁷

Teremos, assim, vários pontos óptimos de funcionamento, daí resultando a necessidade de uma planificação correcta da prevenção, com base em critérios lógicos de prioridades do ponto de vista sócio-económico.

1.4. Normas e legislação

1.4.1. Enquadramento legal

Os meios para orientar técnicos e engenheiros sobre a forma mais eficaz de proteger uma pessoa que opera, mantém ou simplesmente transita próximo de uma máquina automática ou semi-automática, foram obtidos através de muitos estudos realizados e elaboração de um conjunto de documentação (normas, legislação), onde facilmente se identificam as principais premissas do sistema.

O sistema de controlo de *segurança* de uma máquina deve operar com prioridade sobre o sistema de controlo operacional.

Os equipamentos aplicados às funções de *segurança* humana em máquinas devem seguir requisitos específicos de fabricação e testes para garantir a confiabilidade do sistema de *segurança* da máquina.

Especificamente aplicadas a máquinas, existem requisitos legais que têm de ser cumpridos e têm como base as directivas máquinas e a directiva equipamentos.

As directivas relacionadas com Segurança e Saúde têm como base o artigo 118-A do tratado de Roma e são de vertente social.⁸

Existem ainda directivas de vertente económica, que possuem como base o artigo 100-A do mesmo tratado. As directivas são aplicáveis a todos os estados membros e têm de ser transcritas para o direito nacional.

A directiva 655,⁶ também conhecida por directiva de equipamento é uma directiva social, aplicando-se à protecção de pessoas. Esta directiva aplica-se a todos os equipamentos, novos e usados a partir de 1993 e a todos os equipamentos, novos usados a partir de Janeiro de 1997. Entre 1995/1998 existiram alterações na Directiva-Máquinas e houve um período de adaptação por parte das empresas. A partir de 1998, todos os equipamentos têm de estar de acordo com os requisitos da Directiva-Máquinas.

Principais pontos a reter em relação às directivas:

A directiva 98/37/CE ⁸estabelece as condições mínimas de *segurança* a serem aplicadas em equipamentos (máquinas, aparelho,...).

Esta directiva possui como objectivo estabelecer as exigências essenciais de *segurança* e Saúde aplicáveis à concepção, fabrico e comercialização de máquinas na Comunidade Europeia.

A sua aplicação passa por:

- Máquinas novas provenientes de dentro ou fora da Comunidade Europeia;
- Máquinas recondicionadas;
- Máquinas em 2º mão, provenientes fora da União Europeia;
- Máquinas colocadas em serviço a partir da entrada em vigor da directiva.

Os princípios de integração da *segurança* residem nos seguintes pressupostos:

- Eliminar/reduzir riscos de concepção e fabricação;
- Prevenção dos riscos;
- Analisar e informar os riscos residuais.

Assim, todos os documentos europeus que fazem parte do conjunto de normas (EN), traduzem de forma prática estas premissas, garantindo, quando devidamente implementados, *segurança* às pessoas que necessitam estar próximas de máquinas durante um dia de trabalho na indústria.

1.4.2. Normas Harmonizadas

O CEN e CENELEC ⁹ elaboram normas a nível europeu. Têm por objectivo auxiliar os projectistas e fabricantes a integrar soluções técnicas ao nível da *segurança* de máquinas;

A sua utilização, não sendo obrigatória garante a presunção de conformidade com os requisitos das directivas;

- Aplicação das normas simplifica significativamente o trabalho do projectista/fabricante;
- Os métodos, especificações e práticas descritas correspondem ao estado da arte nessa matéria.

1.4.2.1.Tipos de normas

a) Normas de tipo A ⁹

Normas que definem com rigor noções fundamentais, princípios de concepção e aspectos gerais de segurança válidos para todos os tipos de máquina.

b) Normas de tipo B ⁹

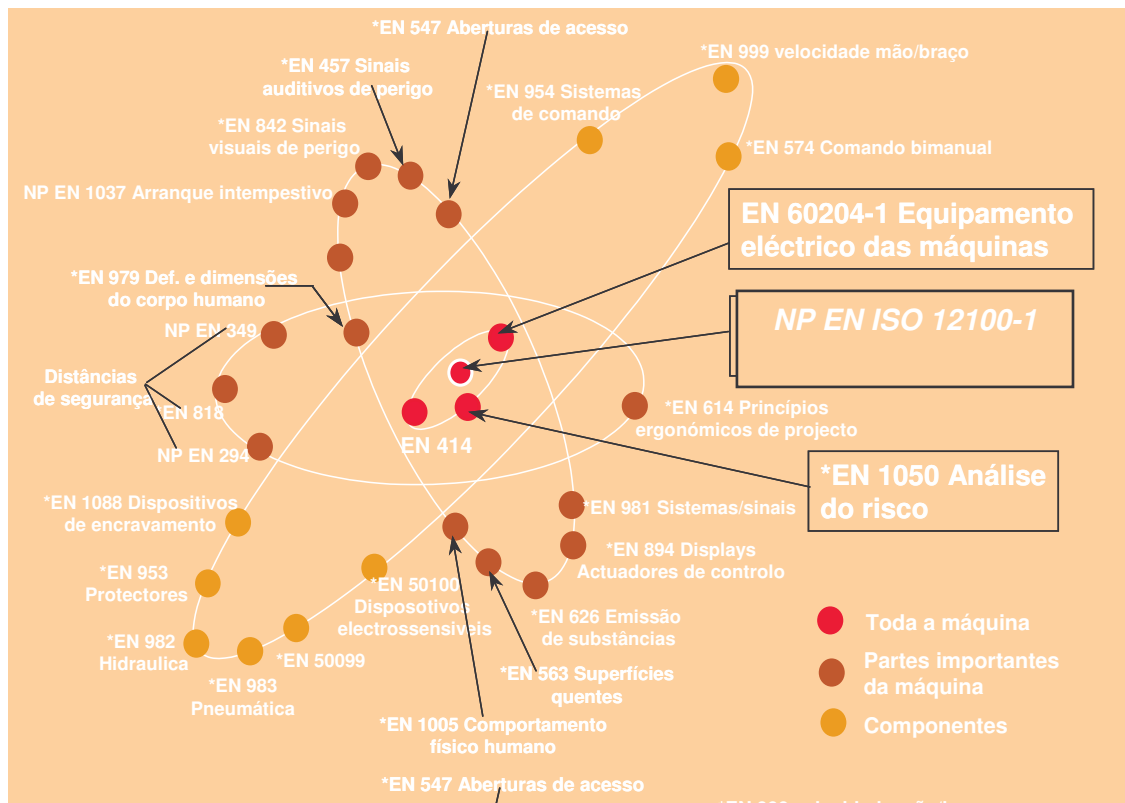
Normas que tratam de um aspecto ou de um tipo de dispositivo condicionador de *segurança*, aplicáveis a uma gama extensa de máquinas.

Normas tipo B1 sobre aspectos particulares dos dispositivos de *segurança* (distâncias de *segurança*, temperatura de superfície, ruído....)

Normas tipo B2 sobre dispositivos condicionadores da *segurança* (comandos bimanuais, dispositivos de encravamento, dispositivos sensíveis à pressão, protectores....)

c) Normas de tipo C ⁹

Normas que indicam prescrições detalhadas de *segurança* aplicáveis a uma máquina particular ou a um grupo de máquinas.



Aproximação às medidas de protecção via *segurança* unitária versus *segurança* holística.

Aproximação unitária: ⁹ envolve considerar cada risco (fenómeno perigoso) identificado isoladamente com a implementação de uma protecção para cada um deles. Esta aproximação tem a vantagem de que se for necessário um ajuste ou uma afinação em qualquer ponto, esta acção pode ser feita sem necessidade de parar a máquina ou afectar as outras protecções. A sua maior aplicação é talvez em máquinas que tenham riscos discretos. Este método pode ser mais caro que o método holístico.

Aproximação holística: ⁹ a máquina é considerada como um todo, tendo em conta o sistema de comando assim como todas as partes operativas e as medidas de protecção são integradas. Permite um desenvolvimento de um esquema de protecções mais coerente, mais barato, com um maior grau de protecção e os resultados são esteticamente mais agradáveis que a aproximação unitária.

1.4.3.Principais Normas e legislação

Decreto-lei nº 82/1999 de 6 de Março Máquinas usadas.

Decreto-lei nº 320/2001 de 12 de Dezembro Máquinas novas.

Decreto-lei 98/37/CE de 22 de Junho Directiva Máquina.

Normas do tipo "A" - Conceitos fundamentais :

NP EN ISO 12100-1 Conceitos fundamentais, princípios gerais de concepção

Parte 1: Terminologia básica e metodologia.

NP EN ISO 12100-2 Conceitos fundamentais, princípios gerais de concepção

Parte 2 : Princípios técnicos e especificações.

EN 1050 Segurança de máquinas. Princípios de avaliação de risco.

Normas do tipo "B" :

Distâncias, funções, dispositivos, componentes de segurança

NP EN 294 Distâncias de segurança para impedir que os membros superiores alcancem zonas perigosas

NP EN 999 Posicionamento de protecção em relação às velocidades de aproximação das partes do corpo humano

EN 954-1 Segurança de máquinas. Partes dos sistemas de comando relacionadas com a segurança.

Parte 1: Princípios gerais de concepção

NP EN 418 Equipamento de paragem de emergência, aspectos funcionais. Princípios de concepção

NP EN 1037 Prevenção a um arranque inesperado

EN 1088 Segurança de máquinas. Dispositivos de encravamento e de bloqueio associados aos protectores. Princípios gerais de concepção.

EN 60947-5-2 Aparelhagem de baixa tensão. Parte 5-2: Aparelhagem e elementos de comutação para circuitos de comando - Detectores de proximidade

- Aspectos electrotécnicos

EN 60204-1 Equipamento eléctrico para máquinas industriais.

Parte 1: Regras gerais.

- Captação de poluentes

EN 626-1 Segurança de máquinas. Redução do risco para a saúde proveniente de substâncias perigosas emitidas pela máquina.

Parte 1: Princípios e especificações para fabricantes de máquinas.

NP EN 626-2 Redução do risco para a saúde proveniente de substâncias perigosas emitidas pela máquina.

Parte 2 : Metodologia para procedimentos de verificação.

- Ruído

EN ISO 3740 Acústica. Determinação dos níveis de ruído.

EN ISO 11688-1 Acústica. Prática recomendada para a concepção de máquinas e equipamentos de ruído reduzido.

Parte 1: Planificação.

EN ISO 11688-2 Acústica. Prática recomendada para a concepção de máquinas e equipamentos de ruído reduzido.

Part 2 : Princípios para concepção de máquinas e equipamentos de ruído reduzido.

<i>EN ISO 11690-1</i>	Princípios para a redução de ruído.
<i>NP EN ISO 11546-1</i>	Determinação do isolamento acústico de área vedadas. Parte 1 : Medições em condições de laboratório.
<i>NP EN ISO 11546-2</i>	Determinação do isolamento acústico de áreas vedadas. Parte 2: Medições.

- Aspectos ergonómicos

<i>NP EN 614-1</i>	Princípios de concepção ergonómica Parte 1: Terminologia e princípios gerais.
<i>NP EN 457</i>	Sinais auditivos de perigo. Requisitos gerais, Concepção e ensaios.
<i>EN 12437-1</i>	Meios de acesso às máquinas e às instalações industriais. Part 1 : Escolha dos meios para acesso.

- Vibrations

<i>EN 1299</i>	Vibrações mecânicas e choque. Isolamento de vibrações em máquinas. informações sobre a aplicação do isolamento de fontes
----------------	--

1.5.Princípios de concepção de máquinas seguras

1.5.1.Estágios da vida de uma máquina

O plano organizativo das medidas de *segurança* é uma combinação das medidas incorporadas na fase de concepção e das medidas que devem ser tomadas pelo utilizador:

A segurança deve cobrir todos os estágios da vida de um equipamento o seu conceito será “do berço à sepultura”⁹

- I. Projecto;
- II. Fabrico;
- III. Transporte;
- IV. Instalação montagem,
- V. Ensaaios;
- VI. Colocação e preparação para produção;
- VII. Operação do arranque à paragem;
- VIII. Regulação, ajuste e mudança de processo
- IX. Limpeza;
- X. Manutenção, reparação e inspecção;
- XI. Remoção de serviço e desmantelamento;
- XII. Destino dos componentes se contaminados por produtos perigosos.

Na avaliação da *segurança* de máquinas em funcionamento, será apenas possível intervir nos aspectos relacionados com os pontos de VII ao XII. Em qualquer dos casos, deve ser tida em conta a *segurança* do operador assim como de todas as pessoas que possam entrar em contacto com o equipamento. Um fenómeno perigoso provocará, mais cedo ou mais tarde, um dano se nenhuma medida de prevenção for tomada.

1.5.2. Processo de prevenção de riscos

As medidas de prevenção, não são mais que, uma conjugação das medidas tomadas pelo fabricante e pelo utilizador. O que se pretende:

- Eliminar/limitar o risco;
- Envolver o risco;
- Afastar o Homem;
- Proteger o Homem.

1.5.3. Estratégia para protecção

- Identificar os fenómenos perigosos e proceder a uma avaliação do risco;
- Suprimir os fenómenos perigosos ou limitar o risco tanto quanto possível;
- Conceber protectores e/ou dispositivos de protecção contra todos os riscos que não possam ser eliminados, (introdução de barreiras acústicas, isolamento de espaços de trabalho, alteração de sequências produtivas entre outros);
- Informar e avisar os operadores dos riscos residuais;
- Tomar todas as medidas adicionais

1.6. Análise Conceptual da Segurança

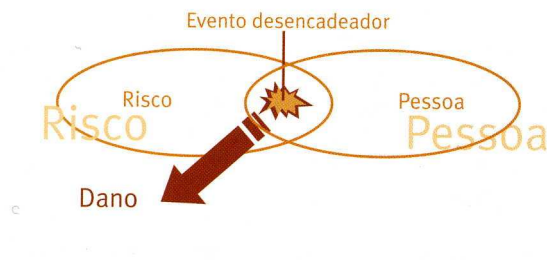
1.6.1. A definição

Os acidentes ocorrem desde tempos imemoráveis, e as pessoas preocupam-se igualmente com a sua prevenção há muito tempo. Lamentavelmente, apesar do assunto ser discutido com frequência, a terminologia relacionada ainda carece de clareza e precisão. Do ponto de vista técnico, isto é particularmente frustrante, pois gera desvios e vícios de comunicação e compreensão, que podem aumentar as dificuldades para a resolução de problemas. Qualquer discussão sobre riscos deve ser precedida de uma explicação da terminologia, no seu sentido preciso e inter-relacionamento.

Segurança do trabalho: ¹⁰Integra um conjunto de metodologias adequadas à prevenção de acidentes de trabalho, tendo como principal campo de acção o reconhecimento e o controlo de riscos associados ao local de trabalho e ao processo produtivo;

Risco: ¹⁰A probabilidade do potencial danificador ser atingido, nas condições de uso e/ou exposição, bem como a possível amplitude do dano;

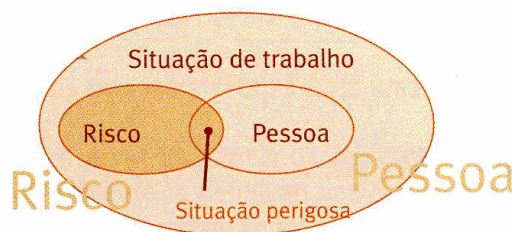
Dano: ¹⁰Lesão física e ou atentado à saúde ou bens;



Causa: ⁵ É a origem de carácter humano ou material relacionada com o evento catastrófico (acidente ou falta) resultante da materialização de um risco, provocando danos.

Perigo: ⁵ A propriedade de uma coisa (materiais, equipamentos, métodos e práticas de trabalho) potencialmente causadora de danos;

Acontecimento perigoso: ¹⁰ Um acontecimento susceptível de causar a morte, dano para a saúde ou ferimento;



Medida Segurança: ⁵ Um meio que elimina um fenómeno perigoso ou reduz o risco

Acidente: ¹⁰ Acontecimento imprevisto no decurso do trabalho ou em relação com o mesmo, do qual resulta dano;

Incidente: ⁵ Acontecimento imprevisto no decurso do trabalho ou em relação com o mesmo, do qual resultam lesões corporais.

Avaliação do Risco: ⁵ Processo de avaliar o risco para a Saúde e Segurança dos trabalhadores no trabalho decorrente das circunstâncias em que o perigo ocorre no local de trabalho

Risco Residual: ⁸ Risco que subsiste quando as medidas de Segurança são aplicadas.

*Máquina:*⁸Um conjunto de peças ou órgãos ligados entre si, em que pelo menos um deles é móvel e, se for caso disso, de accionadores, de circuitos de comando e de potência, entre outros, reunidos de forma solidária com vista a uma aplicação definida, nomeadamente para a transformação, o tratamento, a deslocação e o acondicionamento de um material;

Um conjunto de máquinas que, para a obtenção de um mesmo resultado, estão dispostas e são comandadas de modo a serem solidárias no seu funcionamento;

Um equipamento intermutável que altera a função de uma máquina, colocado no mercado com o intuito de ser montado pelo próprio operador, quer numa máquina, quer numa série de máquinas diferentes, desde que o referido equipamento não constitua uma peça sobresselente nem uma ;

Componente de Segurança: ⁸Um componente que não seja um equipamento intermutável, e que o fabricante ou o seu mandatário estabelecido na Comunidade coloque no mercado com o objectivo de assegurar, através da sua utilização, uma função de Segurança, e cuja a avaria ou mau funcionamento ponha em causa a Segurança ou a Saúde das pessoas expostas.

Segurança: ⁸Aptidão de uma “entidade” de evitar o aparecimento, sobre certas condições dadas, de acontecimentos catastróficos.

Segurança Máquina: ⁸ Aptidão de uma máquina para desempenhar a sua função, para ser, transportada, instalada, afinada, sujeita a manutenção, desmantelamento, e posta de parte em sucata, nas condições normais de utilização especificadas no manual de instruções (e em certos casos aquém do limite fixado no manual de instruções), sem causar uma lesão ou dano para a saúde.

Risco mecânico: ⁸Conjunto de factores físicos que podem estar na origem de um ferimento causado por acção mecânica de elementos de máquina, de peças, ou de projecções de materiais sólidos ou fluidos.

1.6.2. Avaliação do risco

A avaliação de riscos é um instrumento para uma gestão activa e dinâmica de segurança e higiene no trabalho. Só a avaliação de riscos permite conhecer o quê, ou seja, o

conhecimento suficiente das interacções do trabalho sobre as quais há que intervir. Mas, também, só a partir da avaliação se pode determinar como e quando intervir. Por isso mesmo é que a avaliação riscos tem um lugar central na legislação de segurança e saúde no trabalho.¹¹

De ponto de vista da prevenção e em face dos Princípios da Directiva, está concedida como um instrumento de transformação permanente, como um método que permite hierarquizar prioridades e nunca como uma técnica de legitimação de determinado nível de riscos.

Esta perspectiva, que se afasta da óptica da mera racionalidade económica, colide com as perspectivas de aceitação em maior ou menor grau, de um conjunto de riscos que haveria que "gerir".

A avaliação de risco está a tornar-se cada vez mais um requisito da legislação emergente. Para que esta técnica seja realizada, é necessário que seja levada a cabo de forma disciplinada e, segundo um processo formal.

A avaliação de riscos compreende duas etapas:

- Análise
- Valoração do risco

1.6.2.1. Análise

"Com a análise de risco pretende-se fazer um estudo mais detalhadamente a máquina em estudo. Caracterizar o risco em relação á sua fonte (de onde pode surgir o perigo), ao seu modo de desenvolvimento (qual o seu processo de materialização e qual o seu meio de propagação) à probabilidade de ocorrência (quantas vezes pode emergir) à sua extensão (quem pode atingir) e ao seu potencial danoso (que dano pode produzir) "¹¹

Identificação dos perigos e estimativa dos riscos:

A consecução destas finalidades é atingida por um percurso que inclui os seguintes passos:

- Determinar os limites da máquina;

- A identificação dos perigos;
- A estimativa do risco;

Especificação do limite da máquina

Portanto, os princípios de concepção e fabrico de máquinas seguras passam por:

- Especificar os limites da máquina: de utilização, no espaço e no tempo;

Definindo a especificidade dos limites da máquina para:

- Utilização (forma, função, material, variantes, modos de funcionamento automático, semi-automático, manual, modos de alimentação e descarga).
- Espaço da máquina (máquina vai funcionar isoladamente numa instalação complexa, fazer parte de uma linha de produção, ambiente em que vai funcionar - Interior, exterior, corrosivo, explosivo, radiações humidade e temperatura)
- Tempo (nº de turnos de trabalho, tempo de vida útil, manutibilidade, disponibilidade, capacidade e cadência de produção, tempos de preparação).

Após identificação dos riscos a que a máquina pode estar sujeita, os projectistas deve fazer uma avaliação das situações perigosas, nomeadamente, às acções realizadas durante a vida em serviço; estados possíveis da máquina (máquina desempenha função pretendida ou máquina não desempenha função pretendida) casos previsíveis onde se pode fazer mau uso da máquina.

A identificação dos perigos

O projectista deve identificar todos os fenómenos perigosos criados pela máquina, que possa provocar lesões ou danos de saúde, em todas as fases da sua vida:

- Fabrico;
- Transporte instalação;
- Utilização (produto, preparação, produção e manutenção)
- Desmantelamento.

A estimativa do risco

Estimar o risco significa medir, o mais objectivamente possível, a sua magnitude. Este, por sua vez, resulta da conjugação dos indicadores obtidos de probabilidade da ocorrência do dano e da gravidade.

1.6.2.2. Valoração do risco

Valorar o risco é um processo que compara os riscos estimados (qualitativa e quantitativamente) com indicadores de referencia contemplados, nomeadamente em:

- Legislação;
- Normalização;
- Códigos de boa prática;
- Estatísticas de acidentes de trabalho e doenças profissionais.

1.6.2.2.1. A valoração do risco permite

- Atribuir níveis de riscos a partir dos desvios entre indicadores de referência e os valores estimados;
- Estabelecer prioridades de intervenção em função dos níveis de risco, do número de trabalhadores expostos e do tempo necessário à implementação de medidas de prevenção e de protecção.

A avaliação de riscos deve ser feita na face de projecto. A valoração dos riscos é a etapa final da avaliação dos riscos e corresponde a um processo através do qual se fazem juízos de valor sobre a aceitabilidade do risco, tendo em conta os factores socio-económicos e ambientais. ¹¹

Após a análise perspectiva-se a necessidade ou não de uma intervenção de controlo, o tipo de intervenção a concretizar e também a hierarquização dos riscos encontrados e, a partir daí, a definição de prioridade das acções a desenvolver.

Controlo de riscos

Após avaliar os riscos importa acompanhar a efectiva execução das recomendações que lhe hão-de conferir corpo. O controlo de risco tem por objectivo a eliminação ou a minimização da probabilidade de exposição a um perigo, que pode conduzir a um determinado acidente ou dano.

O controlo de riscos, na medida em que visa agir sobre a larga diversidade dos factores causais do acidente ou de agressão à saúde dos trabalhadores, as metodologias do controlo de riscos assumem uma diversidade considerável que vão desde o plano organizacional, às relações sociais, aos sistemas de protecção, defesa de emergência, até à gestão de pessoas.

Gestão do risco

"Ao processo conjunto de avaliação de risco e de controlo de risco chama-se gestão do risco que compreende a aplicação sistemática de política de gestão, procedimentos e práticas de trabalho para analisar, valorar e controlar o risco, ¹¹e visa a erradicação ou a minimização dos efeitos adversos provocado pelos riscos a que uma a organização está exposta".¹¹

1.7. Fundamentação da avaliação de riscos em contexto organizacional

A avaliação de riscos é fundamental para o planeamento da prevenção, que permite:

- Identificar os factores de risco que ocorrem nos locais de trabalho e no processo produtivo e conhecer as medidas de prevenção adequadas, face ao quadro normativo;
- Avaliar os riscos na face de projecto, conhecer a implementação de postos de trabalho,
- Seleccionar os equipamentos de trabalho e as substâncias a utilizar;
- Analisar a fiabilidade e adequabilidade das medidas;
- Arrolar de forma ordenada, as medidas de controlo a implementar;

- Controlar a organização da prevenção quer para efeitos internos, quer no domínio das relações com os trabalhadores e seus representantes, quer a nível externo;
- Eliminar ou minimizar os acidentes de trabalho;
- Formar e informar os trabalhadores dos riscos dos seus postos de trabalho.



1.8. Medidas de controlo - preventivas e correctivas

As medidas de prevenção para a eliminação ou redução dos riscos profissionais da sua eficácia podem ser:

- Medidas organizacionais (rotação de postos de trabalho, aprovação de procedimentos);
- Medidas de Engenharia (introdução de barreiras acústicas, isolamento de espaços de trabalho, alteração de sequências produtivas);
- Medidas de formação e informação (acções de formação inicial, complementar ou na sequência de mudança de categoria, informação sobre os riscos em circulares, documentos internos);
- Medidas de protecção colectiva (obediência aos critérios técnicos de aquisição de equipamentos de qualidade, manutenção dos equipamentos existentes);

- Equipamentos de protecção individual (selecção dos tipos de EPI ajustados);
- Sinalização de segurança (instalação de sinalização adequada aos riscos e as necessidades de informação colectiva a suprir);
- Medidas de prevenção e protecção em situações de perigo grave e iminente;
- Medidas de gestão de recursos humanos.

1.9. Tratamento dos riscos

Após devidamente identificados, analisados e avaliados os riscos, o processo de análise de riscos é complementado pela etapa de tratamento dos riscos. Esta fase contempla a tomada de decisão quanto à eliminação, redução, retenção ou transferência dos riscos detectados nas etapas anteriores.

A decisão quanto à eliminação ou redução diz respeito às estratégias perfeccionistas da empresa e não se trata do financiamento dos riscos, mas sim, do *feedback* das etapas anteriores.

Resumo

Divulgou-se as mais significativas ferramentas de *segurança* aplicáveis no *design* e que podem tornar uma *máquina ferramenta* da indústria cerâmica estrutural segura. Explanando-se os vários requisitos de *segurança*, necessários para realizar a análise e avaliação das *máquinas ferramenta* existentes no ciclo produtivo da cerâmica estrutural.

Referências

¹**CASTRO**, Paulo M. S. Tavares, “Design e Materiais: Algumas Generalidades”, Notas para uma intervenção num curso destinado a professores da Componente Técnica do Curso Tecnológico de Design, GETAP, Setembro 1991

²**HARLES**, J. A., **CRANE** F. A. A., “Selection and Use of Engineering Materials” 2ª ed., Butterworth, 1989;

³**LAGE**, Alexandra, **DIAS**, Suzana, “Desígnio-Parte 1”, Porto Editora, 2003, [pp.20-26], [pp.126-130]

⁴ **www.geocities.com**

⁵**LOPES**, Luís, “Avaliação Riscos”, _____, Setembro 2002

⁶**MARQUES**, Victor, “Segurança na Utilização Máquinas”, Textos Apoio do Curso Superior Higiene e Segurança do Trabalho, IST - Instituto Superior Técnico, 2001, [pp.1-232]

⁷**MIGUEL**, Alberto Sérgio S. R., “Manual de Higiene e Segurança do Trabalho”, 5ª edição, Porto editora, Novembro 2000, [pp.21-26], [pp.279-280], [pp.20-26], [pp.340 - 342], [pp.376 - 387], [pp.454 -474], [pp.478].

⁸**Directiva 98/37/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 Junho “relativa à aproximação dos Estados-membros respeitantes à máquina

⁹**RIDLEY**, John, **PEARCE**, Dick, “Safety With Machinery”, Butterworth, 2002

¹⁰“Higiene e Segurança do Trabalho”, Ficha PRONACI – Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias, AEP -Associação Empresarial de Portugal, Setembro 2002

¹¹**SILVA**, Beatriz, **LOPES**, Emanuel, **BORGES**, Victor “Trabalho Controlo de Riscos”, Curso Superior Higiene e Segurança do Trabalho, _____, Janeiro 2005, [pp.8-15-26]

Legislação retirada:

www.europa.eu.int/eur-lex/pt/oj/index-list.html,

www.newapproach.org/directives/directivelist.asp;

Introdução

Começaremos por realizar uma abordagem que vise a compreensão do funcionamento do sector cerâmico e, em especial do sector da cerâmica estrutural, para efectivar o estudo pormenorizado das suas *máquinas ferramenta*, bem como, dos perigos que causam aos seus operadores. Este estudo, detalhará todos os factores de risco através de uma análise, em todo o ciclo produtivo (produção de tijolo), de *design* para *segurança* activa e passiva.

O sector da cerâmica em Portugal, sendo normalmente denominado como um todo, apresenta no entanto uma significativa heterogeneidade, incorporando realidades muito diferenciadas não só relativamente aos bens produzidos como, no que se refere à dimensão empresarial, aos mercados e tipo de consumidores visados, às estratégias empresariais e à evolução tecnológica.

Estão, assim, presentes na economia nacional quatro subsectores: A *Cerâmica de Construção*, que agrupa a chamada *Cerâmica Estrutural* (telha, abobadilha e tijolo) e a *Cerâmica Acabamentos* (pavimentos e revestimentos louça sanitária), *Cerâmica Utilitária e Decorativa* (vasos, candeeiros, estatuetas, serviços de jantar, chá, loiça para cozinha...) *Cerâmica Refractários* (tubagem, material para fornos, isoladores...) e *Cerâmica Técnica e Isoladores Cerâmicos*.¹

Estes subsectores possuem em comum as matérias-primas que utilizam, mas apresentam características diferentes, na sua forma e produção.

De facto, e embora os grandes clientes desta indústria continuem a ser, quer empresas de Construção Civil (consumindo tijolos, telhas, pavimentos e revestimentos, sanitários,...) quer a própria indústria hoteleira e consumidores finais (particulares ou outros), os produtos cerâmicos pelas suas características e versatilidade, servem hoje as indústrias tão variadas quanto a indústria pesada (com material cerâmico refractário), a indústria química, automóvel, eléctrica e electrónica, e até aeroespacial, com sistemas de

protecção térmicos, fibras cerâmicas, componente de motores, supercondutores, actuando, também no sector da medicina, como o caso de prótese, por exemplo.

No entanto, e se bem que este possa ser um facto generalizável ao conjunto das empresas a nível mundial, não devemos esquecer-nos que, a nível dos diversos países com tradição cerâmica, existem diferentes níveis e graus de especialização.

No caso de Portugal, país com uma tradição de séculos de laboração neste sector, a indústria cerâmica apresenta algumas particularidades, distinguindo-se dos restantes países produtores ao nível da EU.

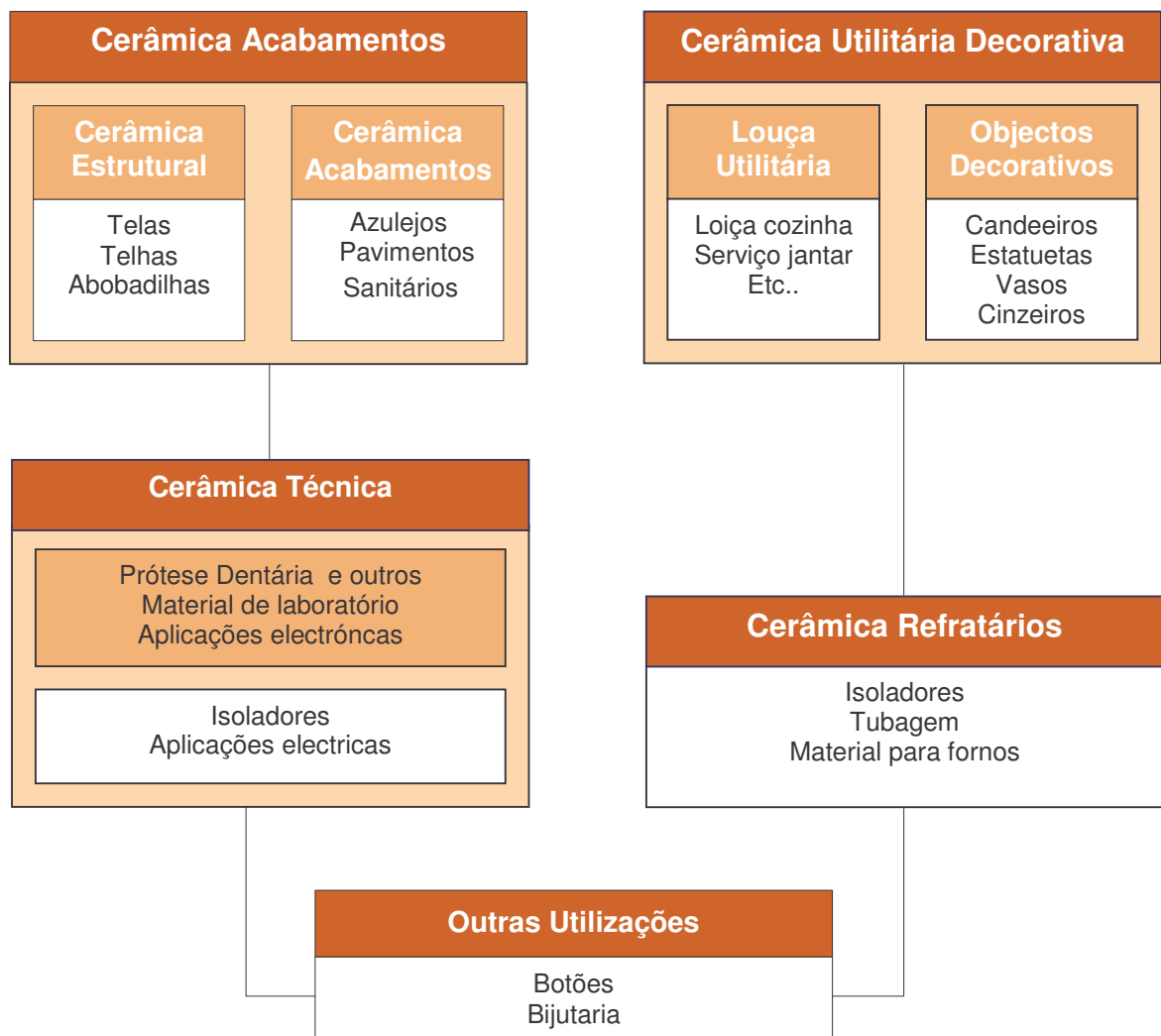


Tabela I Delimitação do sector¹

A indústria cerâmica estrutural está fortemente implantada no País, com uma clara concentração nas regiões litorais do Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo, mas também com uma considerável actividade de exploração de matérias-primas na região da Beira Interior.

A cerâmica estrutural, objecto em estudo, ou também chamada cerâmica de barro vermelho, caracterização esta, pela cor avermelhada dos seus produtos (tijolos, telhas e abobadilhas). Trata-se, em geral de um grupo de produtos rústicos onde o acabamento (a pintura, por exemplo) dificilmente ocorre.

É bastante mais vulgar no conjunto dos países europeus do que no Japão ou nos Estados Unidos, onde o betão e as matérias plásticas predominam e são preferidos da maioria dos construtores.

Exigindo elevados volumes e onde o custo de transporte afecta a competitividade, os seus mercados de comercialização são regionais e locais, mais do que propriamente o comercio de longa distância. Com pouca expressão, mas ainda existindo, os principais países de exportação continuam a estar no continente europeu, havendo, no entanto, exportações esporádicas para grandes obras no Médio Oriente e Extremo Oriente, Arábia Saudita, Israel, Singapura e Hong kong e ainda em menores quantidades na América do Sul nomeadamente o Brasil.

2.2 Historia da cerâmica estrutural dos primórdios até ao século XXI

2.2.1. A origem e a sua história

A cerâmica, segundo Platão, é uma das mais antigas artes conhecidas. Deriva do grego sendo a sua raiz etimológica, "kéramos" que significa queimar ou queimado, ou seja, "arte dos vasos cozidos". ²

Esta arte remonta à pré-história e advém da necessidade fisiológica do homem criar espaços na busca de abrigo, para se defender dos predadores, dos rigores da natureza e dos seus semelhantes. Não demoraram a perceber que a sua sobrevivência dependia da *segurança* destes refúgios.

Com a evolução dos tempos, o homem descobriu diversos materiais e produtos para utilizar na construção, um deles o tijolo. O emprego dos produtos cerâmicos iniciou-se em lugares onde a pedra era escassa e os materiais argilosos eram abundantes.

Os tijolos cerâmicos são dos materiais de construção mais antigos. A sua produção primitiva não era mais que argila amassada, onde entravam proporções mais ou menos elevadas de areia e palha, para lhes conferir maior resistência.

Logo a seguir à pedra e à madeira, é um dos materiais para a construção cuja aplicação se massificou desde há muitos séculos. No seu princípio, parece ter correspondido somente à necessidade de substituir a pedra, ou a colaborar com ela, como simples material construtivo.

Das investigações arqueológicas efectuadas, os primeiros tijolos para a construção foram utilizados na Mesopotâmia, região compreendida entre os rios Tigre e Eufrates, no Médio Oriente onde surgiram as primeiras civilizações. ³

Os muçulmanos, herdeiros das artes dos persas, assírios e caldeus, foram os grandes propagadores da arquitectura do tijolo e provavelmente os primeiros povos a produzirem tijolos cerâmicos, os registos dessa utilização encontram-se na própria Bíblia. ³

No Egito, a pedra sobrepujou o tijolo, mas mesmo assim distinguiram-se notavelmente na elaboração de tijolos nas formas e aspectos mais variados. Entre as pirâmides mais antigas encontraram-se muros interiores construídos de tijolo seco e revestidos no seu exterior com pedra. Há que salientar que na produção egípcia, as dimensões do tijolo, já eram similares às usadas actualmente.

Durante aproximadamente um milénio, os tijolos eram utilizados secos, sem serem submetidos ao processo de cozimento. Os primeiros tijolos a serem cozidos datam do ano de 3000 a C. usados para o revestimento exterior das construções e para protecção interior.³

No período Kassite, 1600-1100 a C., encontram-se alguns exemplos de tijolos cozidos, com superfícies elaboradas de distintas formas. A partir de 700 a C. construíram-se muitos monumentos e obras importantes com tijolos cozidos. No Egito as construções com tijolos aparecem posteriormente à Mesopotâmia, acredita-se, portanto, que esta arte partiu daqui e se estendeu pelo Mediterrâneo, pela Índia e pela China. O oriente é como se sabe, o berço das artes. Julga-se que da China a cerâmica veio para o Egito por intermédio da Scythia e da Bactriana e do Egito para os povos árabes da África que a introduziram na península Ibérica. Entretanto da Grécia irradiava para a Itália e para os povos do Norte da Europa.³

A Roma antiga, é conhecida como produtor de excelentes tijolos, mas outras civilizações como os Síria, Babilónia e Egito, possuem também produções de boa qualidade a 600 anos antes de Augusto, os tijolos cozidos não são muito utilizados, em Roma, até ao período imperial.

Porém os povos romanos levaram, juntamente com o seu domínio sobre o mundo, os conhecimentos cerâmicos a todas as partes e pelas necessidades crescentes da construção nas suas cidades, foram os primeiros a estabelecerem uma fabricação racional dos tijolos, isto é, como actividade industrial.

Na Península Ibérica, julgamos terem sido os árabes que primeiro tiraram efeitos decorativos do tijolo, no exterior e no interior das suas mais belas edificações.

O tijolo fabricado pelos árabes era de tal forma cuidado na sua manufactura e de tal maneira escolhida a matéria-prima para a sua constituição, que os séculos, em vez de o

destruírem, consolidam-no, ao contrario do que sucede com outros materiais de construção, incluída a pedra.

Já passaram vários séculos, desde que os primeiros tijolos foram colocados na construção da *Giralda* de Sevilha, e ali permanecem ainda, mais consistentes do que eram na sua fase primitiva.⁴

Esta interessante arte de decorar ficou entre nós, como na vizinha Espanha, onde existem vários registos da aplicação dos tijolos pelos árabes em obras lindíssimas.

Parece igualmente devido à fértil imaginação dos árabes, os efeitos que se retiram da luz e sombra, pelo modo como architectavam as suas obras. À maneira que o sol descreve a sua trajectória, os desenhos multiplicam-se e modificam-se, segundo o modo como a luz incide sobre as superfícies desses rectângulos, engenhosamente colocados, uns mais outros menos recolhidos, apresentando ao mesmo tempo muitas variantes de desenho geométrico. Assim, o mesmo motivo oferece diferentes aspectos durante o dia.

As arrendadas grilhagens de tijolo tinham muitas vezes, não só o efeito ornamental, mas também resguardar, e, ao mesmo tempo, proporcionar vigilância, como as rótulas de madeira, naturalmente inspiradas nestas obras de tijolo, que tentaram substituir, dando, em parte, iguais vantagens, nos mirantes e janelas das casas conventuais, nos terraços das casas nobres e nos postigos da habitação pobre.⁴

A obra de tijolo, junto com a pedra, é exuberante no castelo do Alvito, e em Viana do Alentejo, cuja igreja matriz, na parte exterior e mais elevada, é construída de tijolo.

Persistem desde o século XVI, documentos de interessante construção com tijolo, pertencente aos Duques de Cadaval, ao convento de Santa Clara onde se encontram variados trechos de tijolo, bem combinados e de interessantes desenhos, na parte do corpo superior, sobre o claustro. A torre do convento de Jesus em Setúbal oferece um padrão interessante, triângulos trilobados, este motivo e outro de diferente desenho estão representados nos corpos laterais.⁴

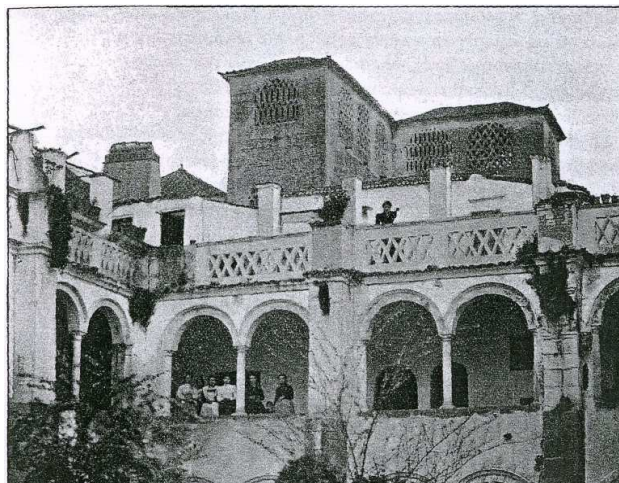


Ilustração 1 - século XVI claustro Convento de Santa Clara- Évora

Um dos edifícios monumentais, construído de tijolo, no país, e ao qual a arte não é alheia, é a praça de touros do Campo Pequeno. Assim como este, existem muitas outras construções espalhadas pelo país, que exemplificam a jóia de arte, tão genuinamente portuguesa.⁴

Para além de nós, e da vizinha Espanha, muitos outros povos começaram a construir usando o tijolo, como é o caso da cidade de Londres, devido a um grande incêndio em 1666 que destruiu um grande número de casas de madeira, alertou a população para a reconstrução da cidade utilizando tijolos.

Actualmente, a produção do tijolo é enorme entre nós. Fabricam-se de todos os tipos e, são aplicados na construção por quase todo o país.

A indústria de tijolos é uma das mais antigas do mundo, graças à facilidade de processamento e à disponibilidade de matéria-prima. Os produtos cerâmicos são conceituados como pedras artificiais, obtidas pela moldagem, secagem, e cozedura de argila, ou misturas que contêm argilas. O tijolo maciço, denominado tijolo comum ou tijolo de alvenaria, é fabricado geralmente por processos os mais económicos possíveis, variando desde a indústria simples, em escala artesanal, até a industrialização moderna. Nas construções de ocupação mais horizontal, tais como prédios e vivendas, o uso do tijolo maciço, tanto como elemento de estrutura, como de vedação, tem preferência, porque oferece óptimas qualidades construtivas, conforto ambiental e baixo custo.

Como produto industrializado para construção, o tijolo cerâmico de furação horizontal surge no séc. XIX com o início da revolução industrial.

2.2.2. Tipos de tijolo cerâmico

Os tijolos cerâmicos podem ser classificados consoante as suas características e quanto ao fim em vista.

*A NP 80 apresenta a seguinte classificação:*⁵

Maciço - tijolo cujo volume de argila cozida não é inferior a 85 % do seu volume total aparente.

Furado - tijolo com furos ou canais de qualquer forma e dimensões, paralelos às suas maiores arestas, e tais que a sua área não é inferior a 30% da área da face correspondente nem superior a 75% da mesma área;

Perfurado - tijolo com furos perpendiculares ao seu leito e tais que a sua área não é inferior a 15 % da área da face correspondente nem superior a 50 % da mesma área.

Quanto à aplicação os tijolos cerâmicos podem ser classificados em:

Face à vista - tijolos cujo destino é ficarem aparentes, no interior ou no exterior da construção;

Enchimento - tijolos sem função resistente, para além do seu próprio peso;

Resistentes - tijolos com função estrutural na construção.

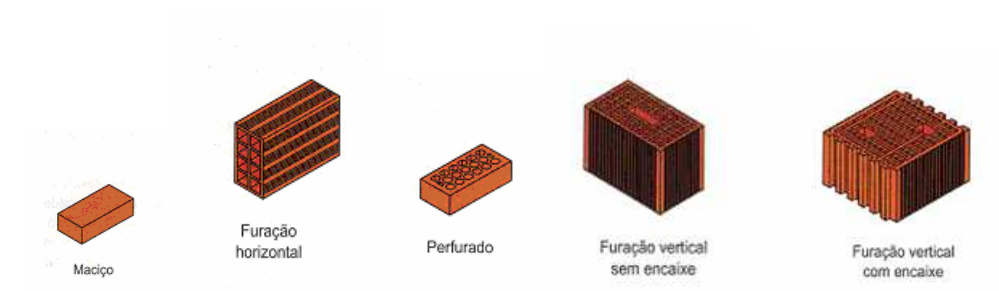


Ilustração 2 - Tipos de tijolo cerâmico

2.2.3. Características físicas, químicas e mecânicas do tijolo e material cerâmico

Nos quadros seguintes apresentam-se as características intrínsecas do material cerâmico, bem como as características dos formatos mais comuns de tijolos.⁵

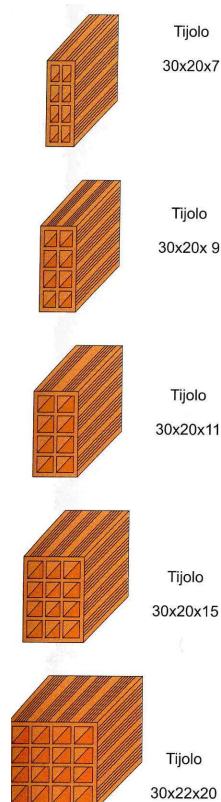


Ilustração 3 - Formatos correntes de tijolo furado

Características do material Cerâmico	Valores
Massa volúmica aparente	1800 kg/m ³
Porosidade aberta	20 - 30 %
Absorção de água por imersão a frio	9-13%
Coeficiente de saturação	0.6-0,8
Absorção de água por capilaridade (1 min.)	11 g/dm ² .minO,5
Condutibilidade térmica	1,15W/m ² K
Coeficiente de absorção da radiação solar	0,65-0,8
Dilatação térmica linear	3,5-5,8x10 ⁻¹ m/m. °C
Expansão por humidade	0.9- 1.7 mm/m
Humidade em equilíbrio (20°C e 80%HR)	0,11 %
Módulo de elasticidade longitudinal	8300 MPa
Coeficiente de Poisson	0,2

Tabela II - Características do material cerâmico⁵

Formato	Resistência mecânica por compressão (Mpa)	Massa (kg)
22x1 1x7 (maciço)	17-48	2.5-3.5
30x20x7	3.7-7.0	3-5
30x20x9	3.0-5.7	3.5-5.5
30x20x11	2.8-5.2	4-6
30x20x15	2.5-4.9	5-7
30x22x20	1.9-3.9	7-11

Tabela III - Características dos tijolos cerâmicos⁵

2.2.4.Normalização

2.2.4.1.Normas nacionais

Existem actualmente duas normas nacionais para tijolos cerâmicos. Uma, a NP 80, define as características e os ensaios aplicáveis e a outra, a NP 834, define os formatos e as tolerâncias dimensionais. Substituídas pela norma europeia EN 771-1

NP 80 Tijolos para alvenaria. Características e ensaios:⁵

- Define várias características e os critérios de aceitação aplicáveis para os tijolos cerâmicos.

NP 834

- Define cinco formatos normalizados e as correspondentes dimensões:

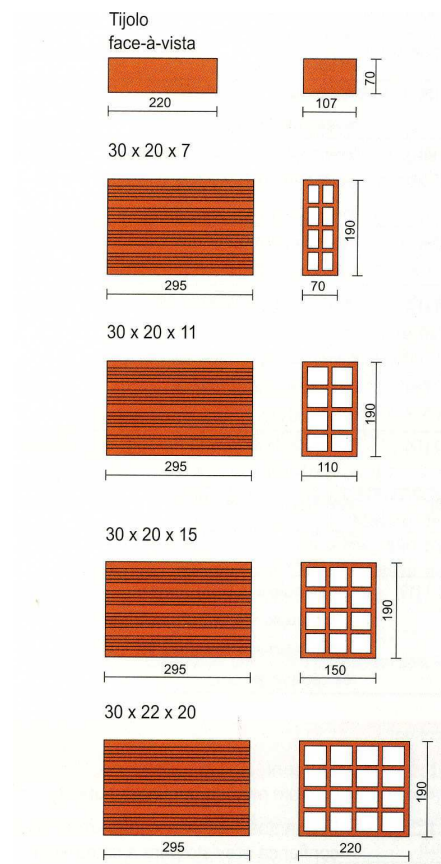


Ilustração 4 - Formatos normalizados de tijolo segundo a NP 834

2.2.4.2. Normas europeias

EN 771-1 Elementos cerâmicos: ⁵

A norma EN 771 define as características e os ensaios aplicáveis aos tijolos cerâmicos. Para a generalidade das características esta norma não apresenta critérios de aceitação mas apenas tolerâncias, ficando ao cuidado do fabricante especificar as características bem como as tolerâncias assumidas para os seus produtos (Declaração do Fabricante).

2.2.5. Tijolo e as novas tecnologias

As virtudes que se detectam no uso do tijolo para o conforto da habitação permitem uma expansão da alvenaria de tijolo cerâmico.

A evolução e a diversificação de modelos acompanham as exigências da edificação e das técnicas da construção. O tijolo de alvenaria é cada vez mais um produto técnico com características e comportamento em obra mais exigente e, por isso mesmo, sujeito a disposições regulamentares e especificações próprias. ⁵

No futuro o tijolo cerâmico irá evoluir nas suas características, nomeadamente na geometria, permitindo cada vez mais uma construção "inteligente", com facilidade de aplicação em obra, permitindo a construção de outros elementos estruturais, a instalação de redes de águas, esgotos, electricidade e comunicação. Isto é possível dadas as propriedades da cerâmica como material de excepção para a conformação de geometrias e posterior resistência mecânica após cozedura. ⁵

Prevê-se também obter novos produtos associando à cerâmica outros materiais, de forma a permitir um produto final com novas propriedades mecânicas e físicas. Há investigação e desenvolvimento nesse sentido. Um conhecimento cada vez mais aprofundado das propriedades da química e física dos silico-aluminosos (cerâmicos) permitirá uma melhor adequação dos materiais a misturar, de forma a otimizar as características de cada um dos componentes quando avaliadas isoladamente. ⁵

Como material de construção que é, o tijolo cerâmico tem como enquadramento regulamentar a Directiva 89/106/CE Produtos de Construção e as normas e especificações adequadas da série EN 771 e 772.⁵

Hoje exige-se dos materiais a aplicar nas alvenarias um comportamento adequado para o isolamento térmico, o isolamento acústico, a humidade de equilíbrio da habitação, a possibilidade de se comportarem como elementos resistentes da estrutura da habitação, e constituírem um elemento determinante para os edifícios inteligentes.⁵

A indústria tem vindo a produzir material cada vez com maior performance, qualidade e com um conhecimento das características e comportamentos, do que produz.

Com o aparecimento das estruturas metálicas e do betão armado, o tijolo foi relegado da sua função estrutural para a utilização como elemento de vedação. Mas, mesmo assim, os materiais cerâmicos tiveram um avanço considerável nas últimas décadas e em muitas aplicações (devido ao custo, durabilidade, estética e resistência mecânica) ainda são absolutos.⁵

Hoje em dia, o tijolo apresenta funções próprias de cobertura de paredes, muito diferentes das funções de estrutura que lhe eram atribuídas e que o cimento armado veio tomar.

Em países da U.E. temos vindo a assistir a um progressivo aumento da introdução de novos produtos de alvenaria cerâmica nas técnicas de construção, com ganhos notáveis de produtividade, custo e de melhoria da construção. Estão, neste caso, os tijolos de furacão vertical (proton) e respectivos acessórios que permitem, em situações de projecto bem elaborado, uma construção rápida e de elevado conforto.⁵

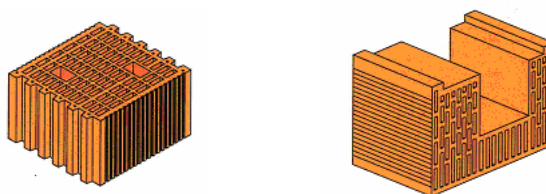


Ilustração 5 - Tijolo de furacão vertical

Em Portugal ainda não estão disponíveis, por produção local, este tipo de materiais.

Consumo anual de tijolos (kg / n.º de habitantes)	
Portugal	520
Espanha	420
Itália	310

Tabela IV - Distribuição dos consumos⁵

Verifica-se um decréscimo do tijolo dito normal e um acréscimo do tijolo resistente ou de furacão vertical.⁵

Tendencialmente prevê-se que esta situação se venha a reforçar e tanto mais rapidamente quanto maior o número de peças e acessórios que permitam a construção de alvenarias como conjunto integrado e de elevado potencial para o conforto da habitação.⁵

2.3.História da mecanização da produção

2.3.1.A Preparação

No início do século XIX o fabrico de tijolo era realizado manualmente, os operários tinham que escavar para obter o barro dos barreiros.

A moagem do barro era realizada por um disco de madeira que girava movido por um animal à maneira de mós, uma espécie de moinho (6 e 7). ⁶ Ali, era amassado, e colocado em caixas de madeira, que serviam de moldes para os tijolos. Estes moldes eram secos ao sol para endurecer. Finalmente eram cozidos num forno semelhante ao do pão, embora um pouco maior.

Era inevitável o aparecimento de máquinas para a fabricação de tijolo, que iria reduzir os custos de fabricação e facilitaria uma produção em maior quantidade. Assim, no final do século XIX já existia uma variedade de máquinas no mercado, que proporcionavam uma produção de tijolo perfeito.

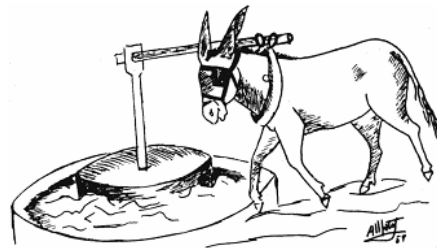


Ilustração 6 - disco de madeira girava, movido por um animal à maneira de mós

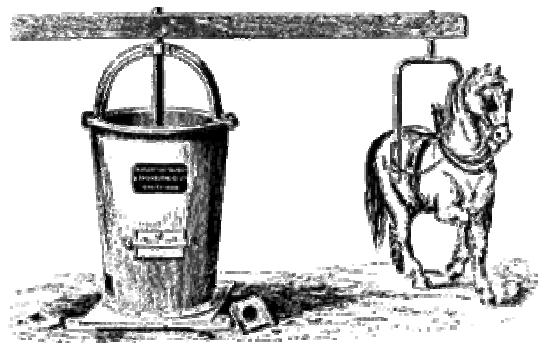


Ilustração 7 - Ilustração do séc. XIX do moinho de argamassa que era usado para misturar o barro.

2.3.2.O Molde

A moldagem consistia na introdução da matéria-prima húmida em caixas de madeira engraxadas com gordura, que serviam de moldes para os tijolos. Após uma secagem prévia a matéria-prima era retirada dos seus moldes, já no formato pretendido. A capacidade de produção era aproximadamente de 1000 tijolos por dia.

As primeiras máquinas a serem introduzidas na fabricação de tijolo foram as prensas de tijolo manuais (8) ⁷, que serviam para preparar a matéria-prima antes desta ser modelada. A sua preparação era melhor que realizada à mão, em relação à sua dureza e ao grau de absorção de humidade.

As prensas mecânicas eram utilizadas para conformação da matéria-prima. Esta máquina compactava o barro retirando-lhes a maior quantidade de água possível, podendo ser retirados da máquina e ir directamente para o forno.

Só entre 1820 e 1850 foram emitidas mais de 109 patentes para máquinas de fabricação de tijolo em Inglaterra. ⁷

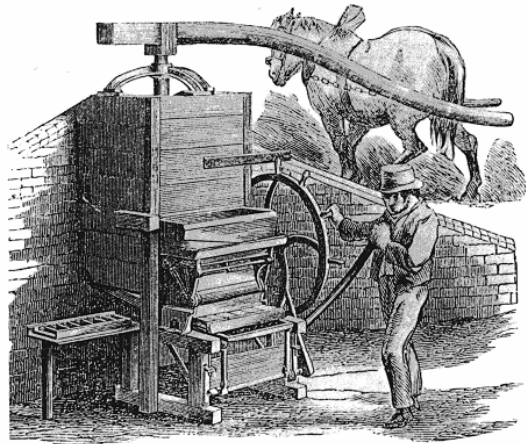


Ilustração 8 - Prensa de tijolo, patenteada em 1845, por Alfred Hall', a máquina incorporava o moinho onde era injectado o barro, sendo posteriormente multiplicado.

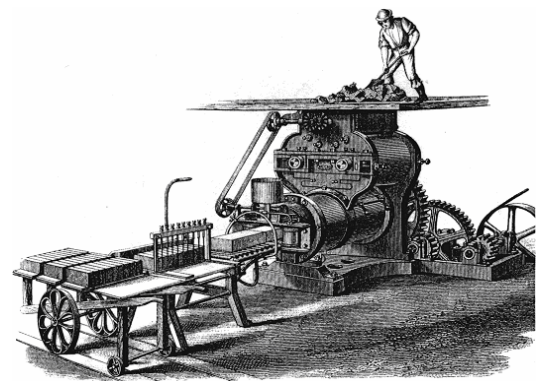


Ilustração 9a - Máquina para corte de tijolo, a matéria-prima era cortada em blocos longos antes de ser transferida para a zona do corte onde era subdividida no tamanho adequado

Outra das descobertas, foi o cortador de tijolo. Cortava os moldes, através de um arame-corte, na dimensão adequada para a sua secagem e posterior cozedura (9a,9b).⁷

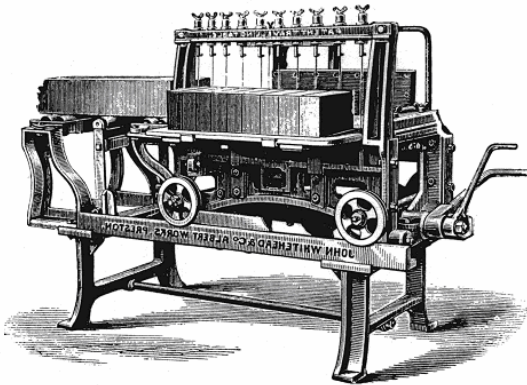


Ilustração 9b - Máquina corte de tijolo, totalmente automatizada operando por energia eléctrica através de um gerador

2.3.3. A secagem

O mais antigo e simples processo de secagem do tijolo consistia na sua secagem ao ar livre. Os tijolos moldados manualmente e depois de uma prévia secagem e já com alguma dureza eram cortados no solo, sendo cobertos por palha de modo a serem protegidos contra as intempéries.(10).⁷

Para que a operação de secagem fosse independente dos rigores do tempo, começaram a existir construções de celeiros. Não eram completamente fechados, sendo construídos ao redor do forno, (11)⁷ os tijolos moldados eram secos em prateleiras

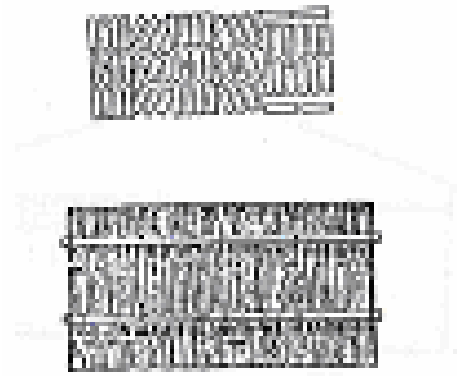


Ilustração 10- Corte e secagem no solo

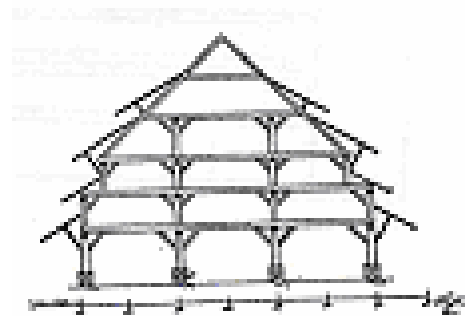


Ilustração 11 - Celeiro de secagem

Os secadores de grande-câmara, já completamente fechados, eram construídos sob fornos de grande-superfície, usando o calor ascendente, facilitando a secagem do produto, foi desenvolvido por volta de 1870 por Hoffmann. O tempo de secagem era aproximadamente de 4 a 10 dias.

Para poderem transportar o tijolo para o interior do secador foi necessário projectar secadores mais largos e, também projectar as vias para o transporte dos produtos ainda húmidos (12). O tempo de secagem era aproximadamente de 9 a 12 dias em tempo favorável.⁷



Ilustração 12 - Secador com área de transporte

Noutros locais, como nos Estados Unidos da América e em Inglaterra, a secagem era realizada no solo onde o aquecimento era efectuado através de lareiras (13).⁷

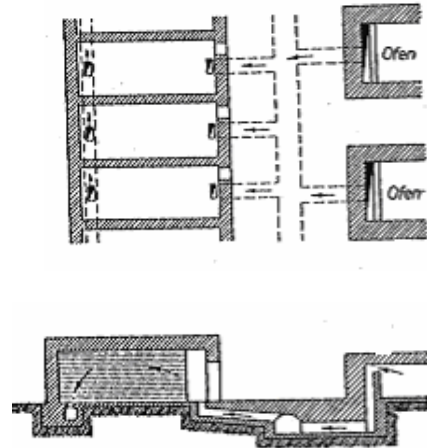


Ilustração 13 - Secador

Os secadores de canal ou túnel, possuíam carros com aproximadamente seis prateleiras para o transporte do produto húmido que, é o conhecido hoje, secador de túnel, foi desenvolvido por BÜHUR na Suíça, aparecendo depois nos Estados Unidos e Inglaterra.⁷

Anos depois e após variadas tentativas, Möller e Pfeiffer em Berlim sucederam o seu mentor BÜHUR, colocando nos seus secadores ventiladores de propagação de ar por todo o secador, facilitando a secagem do tijolo e proporcionando também um menor tempo de permanência no mesmo (14).⁷

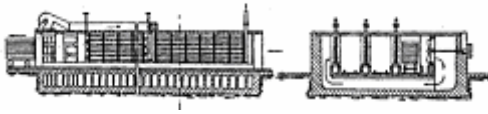


Ilustração 14 - Secador de Moller e Pfeiffer

O empurrão decisivo para a introdução do secador de câmara foi da autoria de Keller em 1894, desenvolvendo posteriormente um secador de câmara com aquecimento a vapor (15), construído em 1910. ⁷

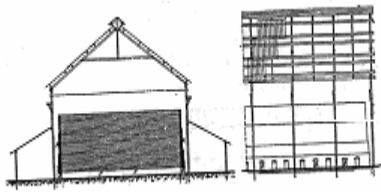


Ilustração 15 - Secador de Keller

2.3.4.O Forno

Uma das etapas mais importantes da fabricação do tijolo é o seu cozimento, realizado em fornos que apareceram no fim do século XVIII. Os fornos para o cozimento do tijolo (16) eram construídos de tijolo, ⁷

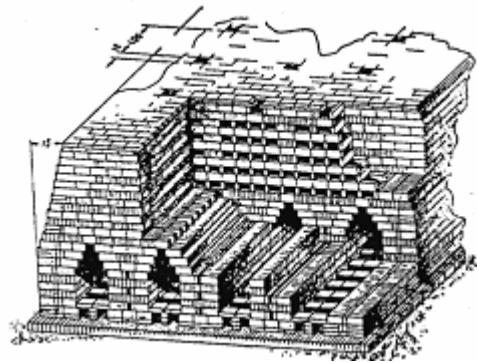


Ilustração 16 - Forno construído em tijolo

O combustível para o seu aquecimento era a palha ou a madeira. Os fornos podiam funcionar durante 4 a 6 semanas dependendo da sua dimensão. As quantidades de carvão necessárias para o seu funcionamento eram de 175 a 300 kg por 1000 tijolos dependendo do tamanho do forno.

O forno o “Scove ou Scotch Klin” (18) foi desenvolvido por volta de 1800.

Em algumas áreas do Norte da América o forno usava como combustível, o gás natural ou o petróleo. A largura do forno do Scove era no máximo de 4.5 m, podendo atingir os 9 m dependendo da quantidade de tijolo a ser cozido, tinha telhado para evitar que o tijolo estivesse sujeito às intempéries da natureza e, proteger deste modo os operadores. ⁷

A partir de 1870 começaram a aparecer vários tipos de fornos pela Europa e norte da América, cada vez mais eficientes.

2.3.5. Transporte/sistemas trabalho

Durante o século XIX, o transporte interno no processo de fabricação de tijolo, era realizado pelo homem. O barro preparado era transportado ao ombro num recipiente designado por " pássaro" ou " pardal" (17) das covas de preparação da matéria-prima para a área de moldagem.

O transporte do barro húmido para o secador e de lá para o forno também era realizado inicialmente pelo homem. Do produto húmido moldado para o produto acabado o tijolo era transportado até 12 vezes.

Os meios de transporte mais importantes eram os carros de mão (18) ⁷



Ilustração 17- Transportador de barro Designado por " pássaro" ou " pardal"

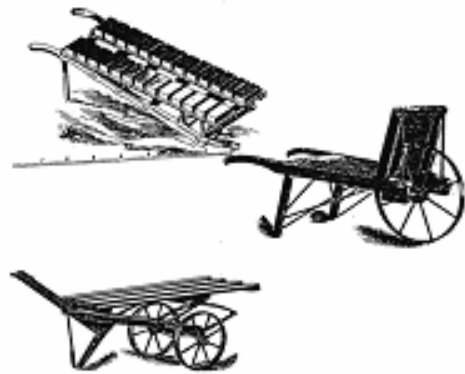


Ilustração 18 - Carro de mão

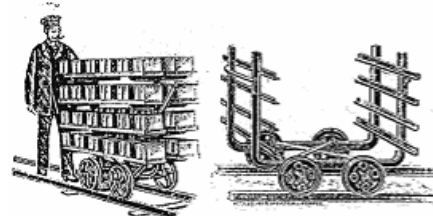


Ilustração 19 - Vagão mecanizados de transporte

O transportador mecânico começou a ser utilizado em meados do século XIX. O barro era colocado em vagões (19) com carregamentos de capacidade compreendida entre 0.3 e 0.75 m³. Os vagões menores eram empurrados por trabalhadores, e os de maior capacidade eram puxados por cavalos. Em trabalhos maiores para os quais tinham que transportar grande quantidade de barro para grandes distâncias, o transporte de cavalo, que era caro, foi substituído por carris, onde se deslocavam os vagões.

Para poder içar a pasta já preparada para, as zonas da moldagem e corte, usavam-se transportadores verticais (20).

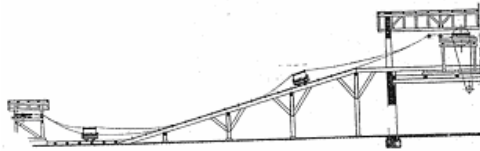


Ilustração 20 – Transportador Horizontal

Outros dispositivos de transporte foram desenvolvidos, introduzindo a mecanização no processo de transporte interno da produção de tijolo.

Etapas importantes para a movimentação do tijolo nas várias etapas do processo:⁷

vagões para transportar o barro húmido (21);

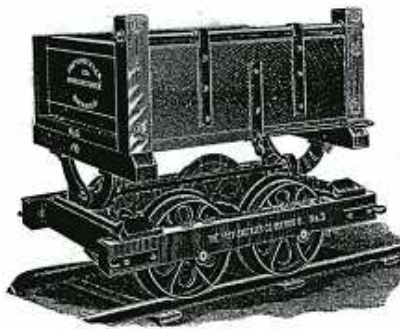


Ilustração 21 - Vagão de transporte de tijolo

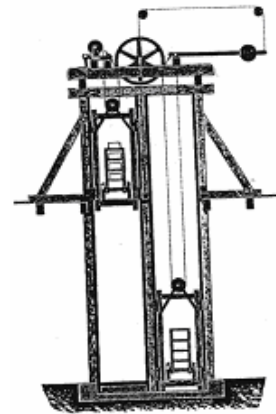


Ilustração 22 - Transportador vertical

O elevador vertical para elevar o produto para a zona de secagem (22);

O elevador de bandeja;

O transportador dos produtos pré-secos ao forno.

Contudo estes dispositivos de transporte possuíam em comum o facto de serem alimentados e vazados à mão.

A verdadeira mecanização e automatização de transporte neste tipo de produção, apareceu em 1894, por Carl Keller.

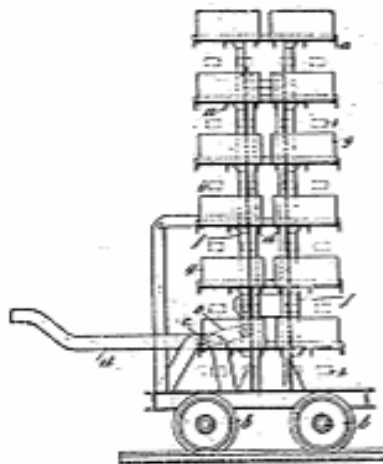
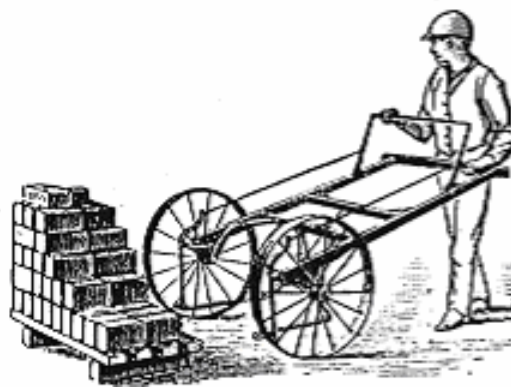
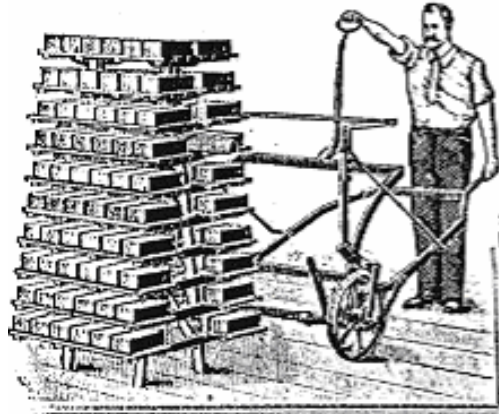


Ilustração 23 -Carro paletes

2.4. As máquinas hoje

O sector tem desenvolvido importantes esforços no sentido de modernização e automação do processo produtivo, com o objectivo de aumentar a sua produção com vista à satisfação da procura, induzida pela forte expansão que caracterizou a construção até ao ano de 2000.

Hoje a maioria das indústrias da cerâmica estrutural, possui equipamentos de tecnologia de ponta, tanto a nível electrónico como de controlo e supervisão de processos, proporcionando a simplicidade do processo, conferindo-lhes uma qualidade e competitividade decisivas para encarar os desafios futuros.

Uma análise mais estreita ao comportamento da estrutura industrial neste sector cerâmico, tem vindo a demonstrar não só a real diminuição do número de empresas do sector, como o aumento da dimensão e da eficiência nas empresas existentes. Assiste-se, pois, a melhorias substanciais da tecnologia presente nas unidades industriais, verificando-se progressiva automatização, reduzido número de operadores, mas efectivamente com um aumento da produtividade. Ao nível do processo produtivo, distinguem-se três áreas-chave que sofreram transformações positivas nos últimos anos:

- Preparação das matérias-primas;
- Secagem e cozedura;
- Carga, Descarga e Transporte.

2.4.1. O processo de fabrico

Tudo começa numa cuidadosa selecção da matéria-prima, e num rigoroso processo de mistura, a que se seguem uma série de operações de pré-preparação e tratamento tendo em conta um pequeno estágio de apodrecimento. É, igualmente nesta fase que se inicia o processo não menos importante de controlo de qualidade da matéria-prima, oriundas dos mais nobres barreiros nacionais. Depois de cuidadosamente misturadas com água, estes

materiais dão origem a uma massa plástica moldável que posteriormente é extrudida e moldada depois de lhe ter sido retirado o ar. A partir de um tarugo inicial são depois obtidas as peças por corte de precisão ao que se segue um período de secagem controlada em câmaras individuais. Uma cozedura lenta e sempre acima dos 1000° C, precedida de uma primeira acomodação ao calor em pré-forno, permitem obter um produto de elevada qualidade, com características de uniformidade e estabilidade de cor, absorção à humidade e resistência notáveis. Ao saírem do forno os produtos são embalados, podendo ser previamente hidrofugados, sendo posteriormente remetidos para os parques.⁸

Matérias-primas

Para se obter um produto com qualidade é fundamental partir de uma matéria-prima com características adequadas. Como as arguas são matérias-primas naturais, as suas características poderão diferir ao longo do tempo. Para minimizar esta realidade, são normalmente utilizadas no fabrico dos tijolos, dois tipos de arguas, com características diferentes, uma mais plástica ou "gorda" e outra menos plástica ou "magra" que são doseadas de modo a se obter uma mistura ou "pasta" com características constantes. Estas diferentes arguas são extraídas durante os meses mais secos e depositadas ao ar livre, em montes de camadas intercaladas, em grandes quantidades que normalmente chegam a atingir um ano de consumo. Este processo permite a desagregação dos materiais e facilita a homogeneização dos mesmos.^{8,9}

Pré-preparação

Os montes são cortados verticalmente, apanhando as diferentes camadas e o barro é preparado em laminadores. A pré-preparação da pasta é fundamental para a obtenção de um processo estabilizado em termos de redução de quebras, esta fase de escolha e pré-preparação das matérias-primas revela-se de extrema importância, seja no momento da extracção, seja no momento de preparação da pasta na unidade fabril. Um aspecto, que têm vindo a ser fomentado é o controlo das argilas, a nível laboratorial de um modo constantes e periódico garantindo, a entrada no processo produtivo de um produto de qualidade com características adequadas.

Após esta pré-preparação a pasta é armazenada no interior, abrigada das condições atmosféricas. ^{8,9}

Preparação da Pastas

A fase de preparação consiste normalmente numa segunda laminagem e amassadora da pasta. ^{8,9}

Doseador

Permite, pela sua precisão e fiabilidade, eliminar qualquer risco de erro de dosagem excessiva e a preparação de produtos tais como emulsões e soluções. ^{8,9}

Destorroador

Utilizado para quebrar torrões e compactação da matéria-prima, mantém a humidade e melhora o desempenho da pasta. ^{8,9}

Laminador

Esta máquina tem a função de fazer passar a argila por dois cilindros metálicos em rotação, formando pequenas lâminas de pasta. Este processo vai destruir os torrões existentes e reduzir a granulometria da mesma, obtendo-se uma moagem fina na preparação da pasta por via semi-húmida. ^{8,9}

Amassador

Controla a humidade da argila adicionando a água necessária para a pasta, fazendo a sua filtragem e retirando substâncias indesejáveis, até mesmo as ferrosas, graças a um íman permanente. ^{8,9}

Conformação/Extrusora (fieira)

Após a fase de preparação da pasta esta entra imediatamente na fase de conformação em extrusora (fieira) que são máquinas que forçam a passagem da pasta através de moldes com a forma negativa do tijolo. Durante esta fase a pasta poderá ser sujeita a vácuo, de modo a retirar o ar que se encontra no seu interior e a conferir-lhe melhores propriedades.^{8, 9}

Mesa corte multifio

Após a saída da extrusora (fieira), a coluna de material extrudido é conduzida até um cortador que executa o corte num comprimento pré-fixado. A barra de material é enviada para o cortador multifio, onde são cortadas várias unidades de produto com a barra parada.^{8, 9}

Sistema carga

Após a saída da mesa de corte, o material é agrupado num bloco através do sistema de carga. Este bloco é transferido para a vagona, que é colocada dentro do secador.^{8, 9}

Secagem

Após a conformação o tijolo é seco em câmaras a temperaturas que oscilam normalmente entre os 30º e os 70 °C. Esta operação é bastante delicada devendo ser controlada de modo a minimizar as fissuras que possam ocorrer. O tempo de secagem é variável e poderá oscilar até às 16 h.^{8, 9}

Cozedura

Após a secagem o tijolo é cozido em fornos a temperaturas que oscilam normalmente entre os 800º e os 1000 °C. O ciclo de cozedura é variável e poderá oscilar até às 24 h. O controlo das condições de cozedura e a adequação dos parâmetros de cozedura às características

da matéria-prima e às características que se pretendem para o produto final é fundamental para a obtenção de um produto de qualidade.^{8,9}

Sistema Descarga

No processo de produção, a descarga corresponde a uma das últimas etapas do ciclo de produção, que retira o material, em toda a largura da vagona.^{8,9}

Paletização

Após a cozedura o tijolo está concluído e pronto a ser embalado e comercializado. Para facilidade de transporte este é paletizado e protegido com filme plástico.^{8,9}

Movimentação

As instalações dispõem de vias de empilhamento, de desempilhamento, de movimentação e de reserva de vagonas para fazer face à carga, descarga e reservas necessárias, relativamente ao produto a cozer e ao produto cozido.^{8,9}

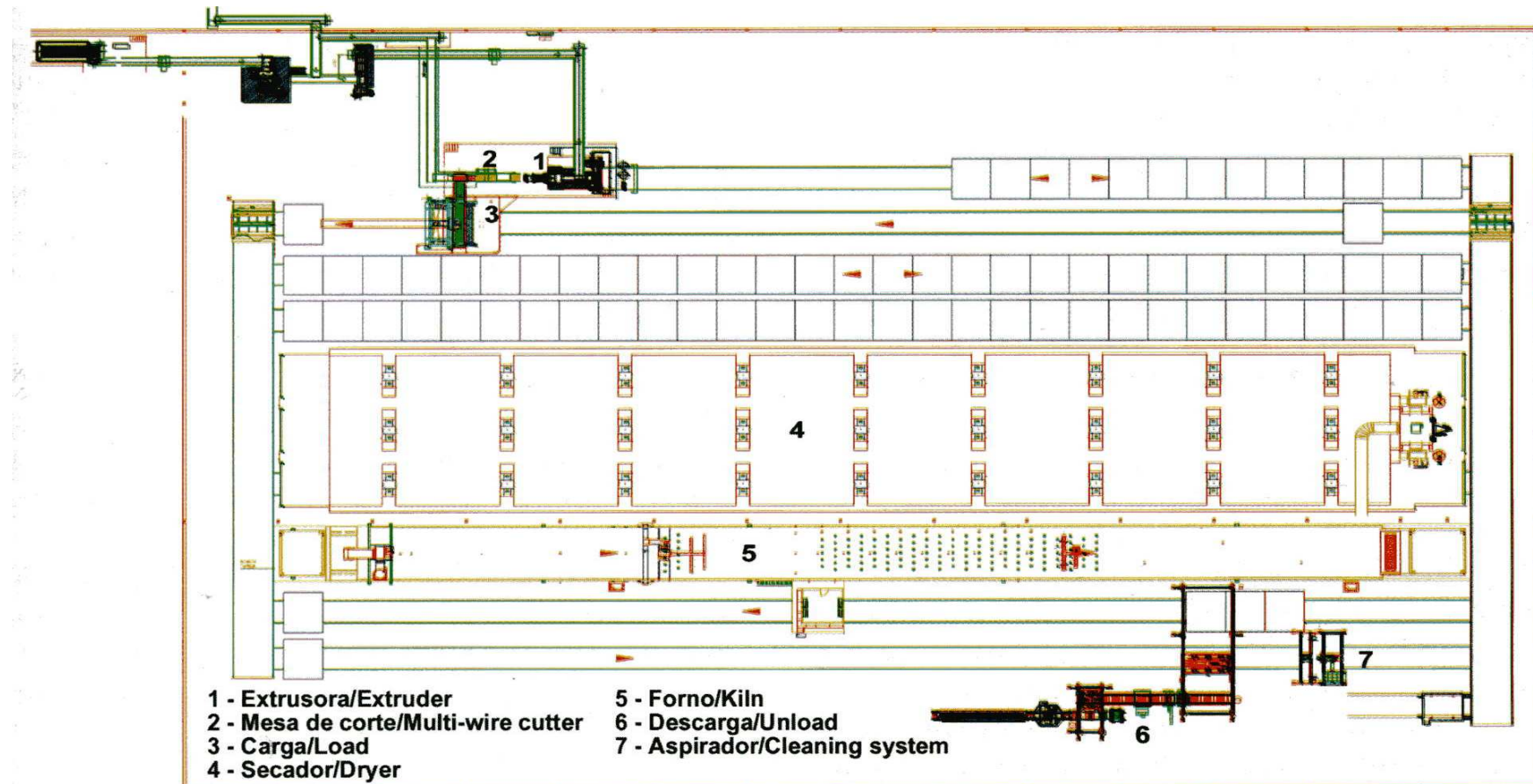


Ilustração 24 - Layout do processo de fabricação de tijolo⁸

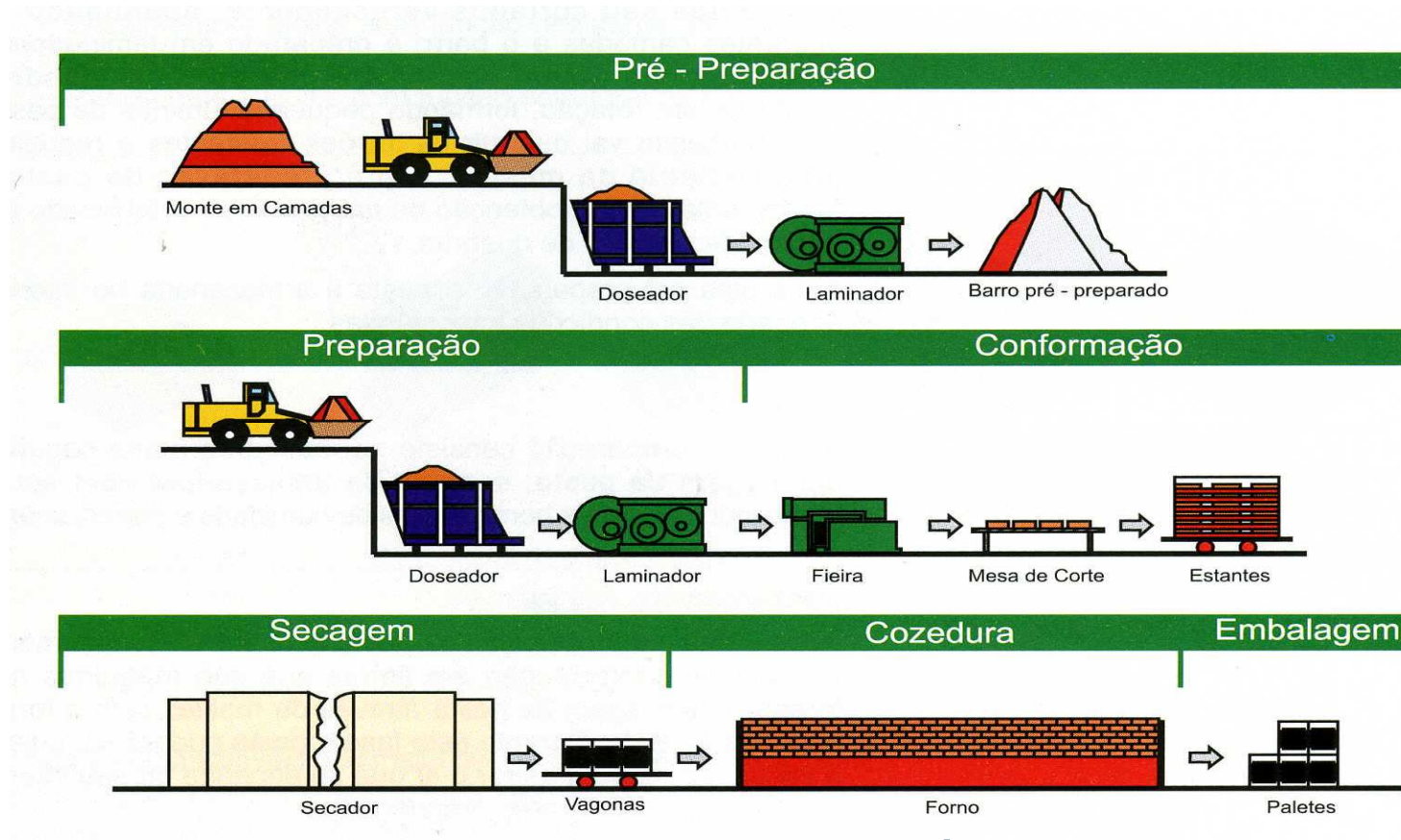


Ilustração 25 - Esquema do processo fabril ⁵

2.5. Evolução do design para segurança activa e passiva nas máquinas ferramenta da cerâmica estrutural

Ora, é pertinente aqui e após o descritivo da mecanização e do processo produtivo da indústria cerâmica estrutural, dissertar no fundamento onde se desenvolve o estudo e, efectivar a evolução do *design* para *segurança* activa e passiva na *máquina ferramenta*.

Porém, a estimativa dos índices de acidentes é escassa, sendo esta avaliação, fundamentada na observação das ilustrações encontradas, aquando se aborda a evolução da *máquina ferramenta* no primórdio da indústria cerâmica estrutural.

Os registos encontrados, embora mais uma vez escassos, só se encontram a partir de meados de 1998, contudo não são muito precisos.

A realização desta evolução, teve como base, lista de verificação, tipo check-list, onde foram registadas todas as falhas das máquinas ferramenta. Os registos foram efectuados pela observação e interlocução directa com os operadores das diversas áreas/secções que constituem o processo produtivo.

Todas as áreas/secções encontram-se documentadas com ilustrações das várias *máquinas ferramenta*, estando identificados os pontos de perigo.

As áreas/sectores foram sistematizadas da seguinte forma.

1. Preparação/conformação;
2. Moldagem/Corte;
3. Secagem/Cozedura;
4. Movimentação;

Nos primórdios, os engenhos utilizados na indústria cerâmica estrutural eram, até ao final do século XIX, accionados, pelo poder do músculo humano e dos animais. A primeira extrusora (fieira) operada a vapor aparece em 1858, fabricada por C. Schlickeysen em Berlim. Por conseguinte, a *máquina ferramenta* a vapor tornar-se-ia o marco mais importante da história da cerâmica estrutural e, em 1900, aproximadamente 10% da indústria cerâmica estrutural usava a máquina.

Todavia, toda a evolução fomenta vantagens e desvantagens, assim, a introdução da *máquina ferramenta* veio a auxiliar a produção de tijolo, tornando-a mais fácil e rápida porém, trouxe mais acidentes e acidentes de maior gravidade. Embora, a ocorrência de acidentes já fosse uma constante, nesta altura não eram consideradas as questões de *segurança*, isto porque, as máquinas existentes e, ilustradas no sub-capítulo 2.3. “História da mecanização da produção” eram inicialmente em número reduzido, existindo apenas o forno, todas as outras ferramentas utilizadas eram bastante rudimentares. Provocando contudo, luxações e lesões músculo-esqueléticas nos operadores devido aos esforços físicos a que eram submetidos, durante as várias fases da produção de tijolo.

2.5.1. Evolução do design e segurança activa

Comecemos, por analisar primeiramente as condições gerais da indústria cerâmica estrutural.

As visitas efectuadas, permitiram-nos constatar que este tipo de indústria está sujeito a diversos riscos profissionais ligados principalmente ao pó, mas também às condições de trabalho: iluminação e ambiente térmico. Neste contexto, o ambiente de trabalho desempenha um papel importante como meio para aumentar a produtividade, respeitando ao mesmo tempo a saúde e *segurança* do trabalhador.

A iluminação constitui um factor de risco que deve ser adequadamente seguido. Uma iluminação correcta num local de trabalho é condição imprescindível para a obtenção de um bom ambiente de trabalho, proporcionando dessa forma um aumento de produtividade, motivação, desempenho geral, entre outros. A inobservância deste ponto resulta normalmente em consequências mais ou menos graves, tais como, danos visuais, menor produtividade e aumento do número de defeitos não detectados.¹⁰

A iluminação ideal é aquela que é fornecida pela luz natural. Contudo por razões de ordem prática, o seu uso é bastante restrito, havendo necessidade de recorrer à luz artificial. Os valores obtidos para a iluminância, nos postos de trabalho de inspecção deste subsector, encontram-se abaixo do estabelecido pela norma DIN 5035 para tarefas visuais normais com detalhes médios. Nesta circunstância recomenda-se o aumento do número, preferencialmente, e/ou potência dos focos luminosos existentes (Portaria Nº53/71, de 3 de Fevereiro, conjugado com a Portaria 702/80, de 22 Setembro).¹⁰

O problema colocado pelos ambientes térmicos é o da homeotermia, manutenção da temperatura interna do corpo, a qual garante o bom funcionamento das principais funções do organismo, na área/sector do secagem/cozedura. O ambiente na cerâmica estrutural, é bastante poeirento principalmente na área/sector da preparação da matéria-prima devendo existir um cuidado acrescido, isto porque, durante as várias visitas se constatou um ambiente poeirento (Portaria Nº53/71, de 3 de Fevereiro, conjugado com a Portaria Nº987/93, de 6 de Outubro).¹⁰

Em relação às condições envolventes aos postos de trabalho, as circulações dos locais de trabalho não se encontram dotadas de vias normais de emergência, as vias existentes não se apresentam desobstruídas para condições de utilização, e sinalizadas com a sinalização de *segurança* em vigor (Portaria Nº53/71, de 3 de Fevereiro, conjugado com a Portaria Nº987/93, de 6 de Outubro).

Um aspecto de elevada importância e, que não se verifica plenamente, é a existência de sinalização de *segurança*, nas instalações, de acordo com o estipulado (DL 141/95, de 14 de Junho). Refiro-me, à sinalização de proibição fumar e foguear, perigo de circulação de empilhadores e vagonas, perigo de risco eléctrico (nomeadamente, junto dos quadros eléctricos) e saídas de emergência.

1. Preparação/conformação:

A fase de preparação da matéria-prima inicialmente era realizada manualmente e posteriormente passou a efectuar-se com um disco movido por um cavalo, considerou-se que os riscos associados, não são significativos. Actualmente as coisas são bastantes diferentes, como se pode ver, nas ilustrações seguintes, estamos perante *máquina ferramentas* de grande porte, com uma elevada complexidade, onde se observa grandes deficiências a nível de *design* e *segurança*.



Ilustração 26- Destoroador



Ilustração 27 – Doseador



Ilustração 28 – Amassador

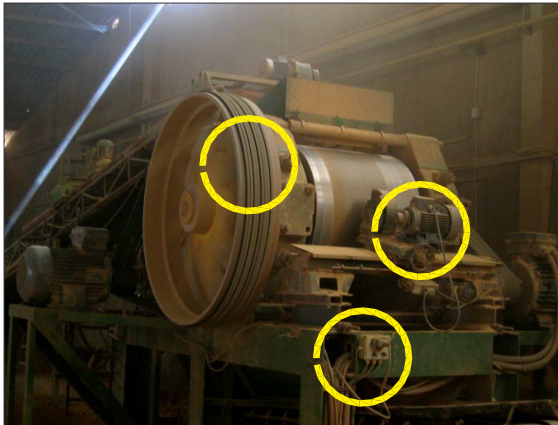


Ilustração 29 - Laminador

A sinalética é um factor que não se encontra perfeitamente ajustado, não se verificando a existência desta. Onde se verifica, encontra-se danificada e de difícil percepção. Pelas ilustrações verifica-se ser uma área/secção onde podem ocorrer acidentes graves sendo a falta de advertência ao perigo uma das causadoras, para além da negligência dos próprios operadores. Em relação às condições envolventes da *máquina ferramenta*, não se encontra devidamente sinalizada (DL 141/95, de 14 de Junho).

A iluminação é outro aspecto que não é tido em atenção, por se considerarem tarefas que não exigem precisão e minúcia e, se encontrarem na área/secção da preparação da matéria-prima (Portaria Nº53/71, de 3 de Fevereiro, conjugado com a Portaria 702/80, de 22 Setembro).

Nesta área/secção, a poeira é uma constante sendo o local onde se verifica o maior índice, as *máquinas ferramenta* não possuem sistemas de captação para poeiras, seria uma mais valia para os operados que trabalham nesta área (EN 626-1).

2. Moldagem/Corte

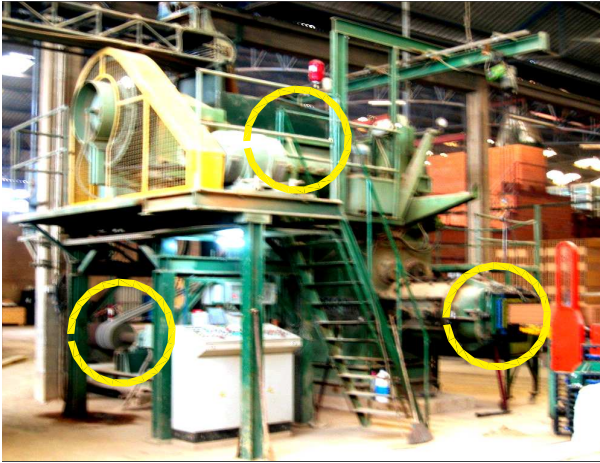


Ilustração 30 - Parte de acesso à extrusora (fieira).



Ilustração 31 - Passagem do molde para área de corte

Inicialmente, todo o processo de moldagem e corte era realizado manualmente, causando nos seus operadores lesões músculo-esqueléticas. Com a introdução das *máquinas ferramenta*, começou a aparecer uma dinâmica diferente a este processo, proporcionando a obtenção de produtos com uma qualidade superior. Com, as ilustrações facultadas na secção 2.3. “Mecanização das máquinas ferramenta”, verificamos que estes tipos de *máquinas ferramenta* sofreram muitas mudanças.

Em relação à extrusora (fieira), a sinalética existe mas, tratando-se de uma máquina de grandes dimensões e com necessidade de actuação de ambos os lados e, possuindo protecções deficientes, não apresenta a quantidade e localização necessárias para evitar

o perigo aos seus operadores. A mesa de corte multifio encontra-se bem sinalizada (DL 141/95, de 14 de Junho).

A iluminação é feita maioritariamente com luz solar, em termos de iluminância é a adequada, contudo existe necessidade de uso de uma gambiarra para as tarefas de manutenção (Portaria Nº53/71, de 3 de Fevereiro, conjugado com a Portaria 702/80, de 22 Setembro).

Nesta área/secção, o ambiente é adequado não se verificando os índices de pó da área/secção anteriormente, estudada (EN 626-1).

3. Secagem/Cozedura



Ilustração 32 - Zona interior do secador



Ilustração 33 - Entrada do produto para a zona de cozimento

Esta é a etapa mais importante de todo o processo produtivo, observando-se várias transformações ao longo dos anos.

Toda a sinalização e iluminação são adequadas.

Nas empresas visitadas, o posto de trabalho de “fornheiro” apresenta alguns indícios de stress térmico. Todavia a temperatura a que o “fornheiro está sujeito é de 28 °C. Portanto, como o valor medido não ultrapassa o valor limite podemos concluir que os indivíduos não se encontram em stress térmico. Contudo, é importante que este posto seja controlado com alguma regularidade, particularmente nos dias quentes de verão.¹¹

4. Movimentação



Ilustração 34 - Elevação aérea através de pinças



Ilustração 35 - Empurrador hidráulico, colo e retira as vagonas na linha



Ilustração 36 - Transfer de movimentação das linhas e abastecimento da estufa e forno



Ilustração 37 - Movimentação das vagonas

A movimentação dos produtos, como o restante funcionamento, desta indústria era rudimentar e como não podia deixar de ser, como referido na secção 2.3. Começando por ser manual evoluiu como todas as outras *máquinas ferramenta*. Trata-se de uma tarefa que emprega de força muscular, sendo as lesões mais frequentes as lesões músculo-esquelética.

É considerada uma área/secção de grande risco para os operadores. A movimentação pode ser efectuada através de transportadores, mais utilizados na área/secção da

preparação da matéria-prima, por elevação através de pinças ou por linhas que se destinam a realizar o deslocamento do produto entre as várias fases do processo.

Os transportadores encontram-se bem sinalizados, bem como a área/secção das pinças.

Os troços das linhas não se encontram, em algumas cerâmicas visitadas, delimitados. Aqui, mais uma vez, verifica-se negligência por parte dos operadores, que as utilizam para a sua deslocação. As vias de circulação dos equipamentos móveis e de operadores devem ser delimitadas e sinalizadas, os desníveis das áreas de circulação da vagonas, o circuito de circulação das mesmas e das outras estruturas de movimentação mecânica de cargas devem ser adequadamente sinalizados e demarcados. (DL 141/95, de 14 de Junho, conjugado com a Portaria nº 53/71, de 3 Fevereiro, Portaria Nº987/93, de 6 de Outubro e Portaria 702/80 , de 22 Setembro)

2.5.2. Evolução do design para segurança passiva

Nos termos gerais da indústria cerâmica estrutural, podemos afiançar, que os níveis de ruído encontram-se abaixo dos 85 dB (A) (251/87, 24 de Junho). Nesta situação não é necessário desenvolver acções para controlo do ruído. Contudo, é necessário o uso do equipamento de protecção individual (tampões) devendo o processo de produção ser alterado para que o trabalho “seja seguro” sem este tipo de equipamento de protecção individual.¹¹

1. Preparação/conformação:

Em relação ao *design* para *segurança* passiva, as máquinas usadas inicialmente, para além de rudimentares, não eram fabricadas tendo em atenção este factor, apresentando-se precárias em todo o tipo de protecções, cuidados ergonómicos e afins.

Com o objectivo de um volume maior de produção de tijolo, a introdução de *máquinas ferramenta* para a preparação de matéria-prima, foram inevitáveis.

A actualmente e, como se pode observar pelas ilustrações, as *máquinas ferramenta* que possuem protecções mostram mau estado na sua maioria, embora, uma protecção robusta e bem projectada deverá permanecer intacta durante a vida útil da *máquina*

ferramenta e realizar as funções para as quais foi provida. As protecções devem vedar todas as partes perigosas, elementos móveis e órgãos de transmissão impedindo os riscos de contacto mecânico com os operadores. Verifica-se, assim, a necessidade de colocação de protecção nas correias do laminador, no motor do amassador e vedações na zona de alimentação e funcionamento do destoroador e doseador (Decreto-lei 98/37/CE de 22 de Junho, NP EN 294, NP EN 349, EN 811, EN 953, NP EN 999).

Os factores eléctricos, estão considerados, as *máquinas ferramenta* são equipadas com equipamentos de paragem de emergência e sistemas de paragem total da máquina, aquando da necessidade de intervenção durante a fase de produção ou de manutenção. Porém, pelos relatos e pelo modo como operador actua nestes momentos, conclui-se que o realizam de forma perigosa, não tendo em atenção as questões de *segurança* obrigatórias, ocorrendo acidentes com elevada perigosidade. Esta afirmação é somente fundamentada pelos relatos, vistos muitas das cerâmicas não possuem dados estatísticos do índice de acidentes (EN 60204-1, EN418).

A ergonomia, é de todo desprezada, neste tipo de *máquinas ferramenta*. Estas são concebidas sem grande preocupação nesta área verificando-se algumas dificuldades nas operações que o operador carece efectuar. Espaço desajustado para movimentação do operador provocando lesões e perigos vários nos operadores (NP EN 614-1).

O ruído nesta área/secção é um factor importante mas, a maior parte dos empresários tenta passar por ele sem lhe prestar muita importância, embora existam algumas medições realizadas nesta área que comprovam que os limites admissíveis são cumpridos, assim como os limites das poeiras, fica a dúvida (EN ISO 3740). ¹¹

2. Extrusão (fieira) /corte

Observando a ilustração da extrusora (fieira), verificam-se várias falhas nas protecções, como o caso da zona de motorização e da vedação da plataforma superior (Decreto-lei 98/37/CE de 22 de Junho, NP EN 294, NP EN 349, EN 811, EN 953, NP EN 999).

A mesa de corte multifio, é outra *máquina ferramenta*, que também apresenta deficiências. Falha de protecção na zona do primeiro corte, o chassis do equipamento não protege o operador da parte de movimentação inferior da máquina, protecções laterais com dimensões exageradas tanto no tamanho como no peso. Na zona do 2º corte, só é

protegida de um dos lados, embora os operadores tenham que efectuar as suas tarefas de ambos os lados (Decreto-lei 98/37/CE de 22 de Junho, NP EN 294 , NP EN 349, EN 811, EN 953,NP EN 999).

Os factores eléctricos, estão contemplados, as máquinas ferramenta são equipadas com equipamentos de paragem de emergência e sistemas de paragem total da máquina, aquando a necessidade de intervenção durante a fase de produção ou de manutenção, mas pelos relatos e pelo modo como operador actua nestes momentos conclui-se que o realizam de forma perigosa, não operando de uma forma segura. (EN 60204-1, EN418).

Em termos ergonómicos como já se referiu que não são tidos em consideração porém, a sua utilização pode melhorar alguns aspectos da *máquina ferramenta* de corte, o dimensionamento das protecções laterais e os dimensionamentos da própria *máquina ferramenta*. (NP EN 614-1).

O ruído nesta área/secção encontra-se dentro dos limites admissíveis, estipulados por lei (EN ISO 3740).

3. Secagem/Cozedura

Estas *máquinas ferramenta* possuem todos os requisitos de *segurança* tanto mecanicamente como electronicamente. Os níveis de ruído são os admissíveis por lei (Directiva máquinas 98/37/CE 22 de Junho de 1998 e NP EN 614-1).

4. Movimentação

Uns dos aspectos que consideramos perigoso foram, as vias de passagem, onde existe elevação de produto, não se encontram protegidas com protecções laterais (Portaria N°53/71, de 3 de Fevereiro, conjugado com a Portaria N°987/93, de 6 de Outubro e Portaria 702/80, de 22 Setembro), para além de todas as negligências efectuadas pelos operadores.

Resumo

Dissecou-se a realidade da indústria da cerâmica estrutural, nos seus subsectores, nas suas origens, na sua industrialização e na global avaliação das suas vicissitudes.

Por conseguinte, divulgou-se a importância da ferramenta *design* e *segurança* na análise da evolução do *design* para *segurança* activa e passiva nas *máquinas ferramenta* que constituem o processo produtivo da cerâmica estrutural.

Sendo uma indústria, onde o *design* e a *segurança* não tiveram até aqui um papel primordial, urge a sua actuação conjunta de modo a serem cumpridos os imperativos legais e normativos.

Referências

¹ _____ "O sector da Cerâmica em Portugal", INOFOR- Inovação para a Inovação na Formação", Janeiro de 2005, ,[pp.9-10], ,[pp.17]

²**FERREIRA**, Manuel A. Rodrigues, "A Indústria Cerâmica em Aveiro, Final do Séc. XIX - Início do Séc. XX, Separata da Revista Portuguesa de História Tomo XXV, [pp.7], [pp.42]

³**FACINCANI**, Ezio, "Tecnología Cerámica los Ladrillos" _____, ,[pp.11-14], ,[pp.15-20]

⁴**QUEIRÓS**, José, "Cerâmica Portuguesa", 1907, [pp.300-303]

⁵**SOUSA**, Augusto Vaz Serra, **SILVA**, J. A. Raimundo Mendes, "Manual de Alvenaria de Tijolo", APICER – Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica, _____, [pp.21-33]

⁶**FALCÃO**, Manuel Ayres Machado "Meio Século de Geografia ao Serviço da Economia Nacional 1904-1954- "A Cerâmica "Estrela Alva"", 2ª Edição, Editora Edilibar, [pp.49] , [pp.92]

⁷ _____ "Tile & Brick", Volume 12 nº 4, 1996, [pp.215-216], [pp.328-332]

⁸**SANTOS**, Pedro, "Nova Fábrica de tijolo", KERAMICA, nº255, Setembro/Outubro 2002

⁹ _____, "Descrição Processo Produtivo da Cerâmica Estrutural" CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e Vidro.

¹⁰**MIGUEL**, Alberto Sérgio S. R., "Manual de Higiene e Segurança do Trabalho", 5ª edição, Porto editora, Novembro 2000, [pp.279-280], [pp.340 - 342], [pp.376 - 387], [pp.454 -474], [pp.478].

¹¹ **FERNANDES**, Nuno Octávio, **FERNANDES**, António Marques, **GONÇALVES**, Paulo Jorge Sequeira, "Caracterização Do Ambiente Físico Na Indústria De Cerâmica Estrutural Da Beira Interior", KERAMICA, nº 262, Novembro de 2003

Introdução

A integração de um estudo caso dentro do âmbito da dissertação de mestrado foi desde início um desafio encarado com grande entusiasmo, assumindo também a diferença em desenvolver um trabalho direccionado à realidade.

O desenvolvimento do estudo caso teve como princípio o de trabalhar uma proposta que, para além de ser uma reflexão e integração dos temas abordados anteriormente, fosse, ao nível da qualidade de projecto, uma mais valia e uma nova perspectiva sobre a amplitude da *máquina ferramenta* na indústria cerâmica estrutural, enquadrando-a na competitividade do sector e na criação de valor que o *design* e *segurança* aportam ao mercado.

No estudo de caso desenvolveu-se assim, uma avaliação prévia do equipamento objecto, mesa de corte multifio, estruturando-se um método e critérios de avaliação ao nível da *segurança*, de modo a efectuar e otimizar o *design* do equipamento visando uma melhoria dos aspectos anteriores, exercício a que *designamos* redesign.

3.1. Razões do estudo

Com a globalização industrial as empresas nacionais passaram a estar inseridas num ambiente de forte concorrência, onde é necessário ser competitivo para aceder a novos mercados. A indústria cerâmica nacional e particularmente a indústria da cerâmica estrutural, não constitui excepção.

Com o objectivo de adaptar a máquina ao homem, na concepção de *máquina ferramenta*, por forma a reduzir os riscos, aumentando deste modo, a satisfação no trabalho, impõe o conhecimento do impacto dos acidentes de trabalho no seu desempenho.

Através de um estudo detalhado, tendo como base os índices de acidentes facultados pelas várias cerâmicas visitadas, na zona da mais clara concentração da industrial cerâmica estrutural, região de Aveiro, verificou-se que apenas duas, têm documentos próprios e procedem ao tratamento sistemático da informação recolhida, incluindo investigação dos acidentes de trabalho, no entanto, estas revelam ainda algumas debilidades, principalmente ao nível do controlo das medidas implementadas após o acidente.

Ano	Indicadores	Indústria da Cerâmica Estrutural
1999	Índice de frequência(If)	53,1
	Índice de gravidade(Ig)	4,28
	Índice de avaliação de gravidade(Iag)	80,5
	Índice de incidência(Ii)	97,01
	Taxa de frequência(Tf)	52,7
	Taxa de gravidade(Tg)	1,210
2000	Índice de frequência(If)	58,2
	Índice de gravidade(Ig)	4,67
	Índice de avaliação de gravidade(Iag)	80,2
	Índice de incidência(Ii)	108,96
	Taxa de frequência(Tf)	57,8
	Taxa de gravidade(Tg)	1,680
2001	Índice de frequência(If)	63,5
	Índice de gravidade(Ig)	4,79
	Índice de avaliação de gravidade(Iag)	75,3
	Índice de incidência(Ii)	98,67
	Taxa de frequência(Tf)	63,1
	Taxa de gravidade(Tg)	1,230

Tabela V - Índice de sinistralidade laboral ao longo do triénio 1999-2001 ¹

Analisando, a Tabela V, verifica-se que não só em termos dos índices de frequência, If (número de acidentes) mas, principalmente em termos dos índices de gravidade, Ig (ocorrência de acidentes) que os acidentes têm vindo a aumentar.

Posto isto, considerou-se necessário realizar uma avaliação de risco pormenorizada a uma das máquinas ferramenta deste sector e, consequentemente estabelecer quais as medidas necessárias para alterar uma máquina portadora de riscos numa máquina segura.

Por conseguinte, as máquinas e linhas de transporte constituem o agente material mais vezes citado como o principal agente material causador de acidentes, onde a falta muitas vezes de formação e descuido dos operadores origina um número elevado de acidentes, também se verifica a ocorrência de acidentes na fase de preparação da pasta (destorrador, laminador e amassador), onde as *máquinas ferramenta* devido ao seu funcionamento, carecem de uma maior protecção. Paralelamente, o entalamento num ou mais objectos constitui a forma de acidente citada mais vezes como principal forma de acidente.

Todavia, a linha de produção propriamente dita, inicia-se como é descrito no capítulo 2, com a extrusora (fieira) que faz a extrusão do molde para a mesa de corte, esta realiza o corte do tarugo e posteriormente o corte do tijolo na dimensão pretendida. Esta *máquina ferramenta*, tem provocado vários acidentes, que foram levantados, nas visitas efectuadas às várias cerâmicas, constatando-se que as lesões provocadas, para além do entalamento ocorrem, luxações, hematomas e fracturas nas diversas partes da máquina e, que podemos classificar com gravidade moderada, há contudo, que destacar uma ocorrência de gravidade elevada, onde um operador terá ficado com os elementos de corte cravados nas costas, tendo provocado variados cortes e hematomas.

Admito, que mesmo sabendo que existem outras *máquinas ferramenta* que oferecem riscos aos operadores, o relato do acidente ocorrido com a Mesa de Corte Multifio, referido acima e, observando a *máquina ferramenta*, averiguo que contém muitas lacunas em termos de *segurança*.

A Mesa de Corte Multifio é o objecto escolhido para o estudo e, sobre a qual se efectuará a avaliação de risco e se definirá as medidas correctivas para eliminar/minimizar os riscos existentes.

3.2. Caracterização da máquina em estudo

3.2.1.Utilização

A máquina em estudo é designada por Mesa Corte Multifio, sendo caracterizada pela sua precisão e garantindo todas as necessidades da indústria cerâmica estrutural. A máquina foi desenhada e construída para o corte perfeito do material a fabricar (barro), tendo em conta os diferentes formatos, medidas e dureza do material. Permite o corte simultâneo de várias unidades de material de acordo com as necessidades.

São fabricados actualmente três tipos de modelos de Mesas de Corte. Todos eles apresentam duas etapas distintas. A primeira fase consiste no corte do tarugo, que é idêntico em todos os modelos. A segunda fase consiste no corte, tendo como resultado o formato final do produto. A diferença entre os três modelos está no modo de corte da 2ª fase. Assim temos:

- Mesa de corte vertical» sistema de corte multifio com movimento vertical descendente;
- Mesa de corte horizontal» sistema de corte multifio com movimento horizontal nos dois sentidos;
- Mesa de corte de fios fixos efectua a movimentação do material contra uma bateria de fios fixos. A interacção entre os dois conjuntos efectua o corte, obtendo-se assim as dimensões finais do produto.

3.2.2. Espaço

Como já exposto no capítulo 2 na sub-capítulo 2.4.1., a indústria cerâmica estrutural possui várias etapas e um difuso número de equipamentos para atingir o seu produto final, tijolo.

Por conseguinte, e seguindo o esquema de fabrico na mesma secção, para além dos equipamentos de preparação, moldação/extrusão (fieira) do barro vermelho, encontra-se imediatamente a localização da máquina em estudo, Mesa de Corte Multifio.

3.2.3. Descrição da máquina ferramenta

De modo genérico poderá ser descrita, após a saída da extrusora (fieira), o tarugo (barro extrudido) é encaminhado para o cortador automático que com deslocamento vertical e equipado com portafio e simultaneamente com movimentação horizontal realiza o corte do tarugo. Posteriormente equipado por garfos portafios, em movimento circular descendente, corta o bloco nos respectivos tijolos.

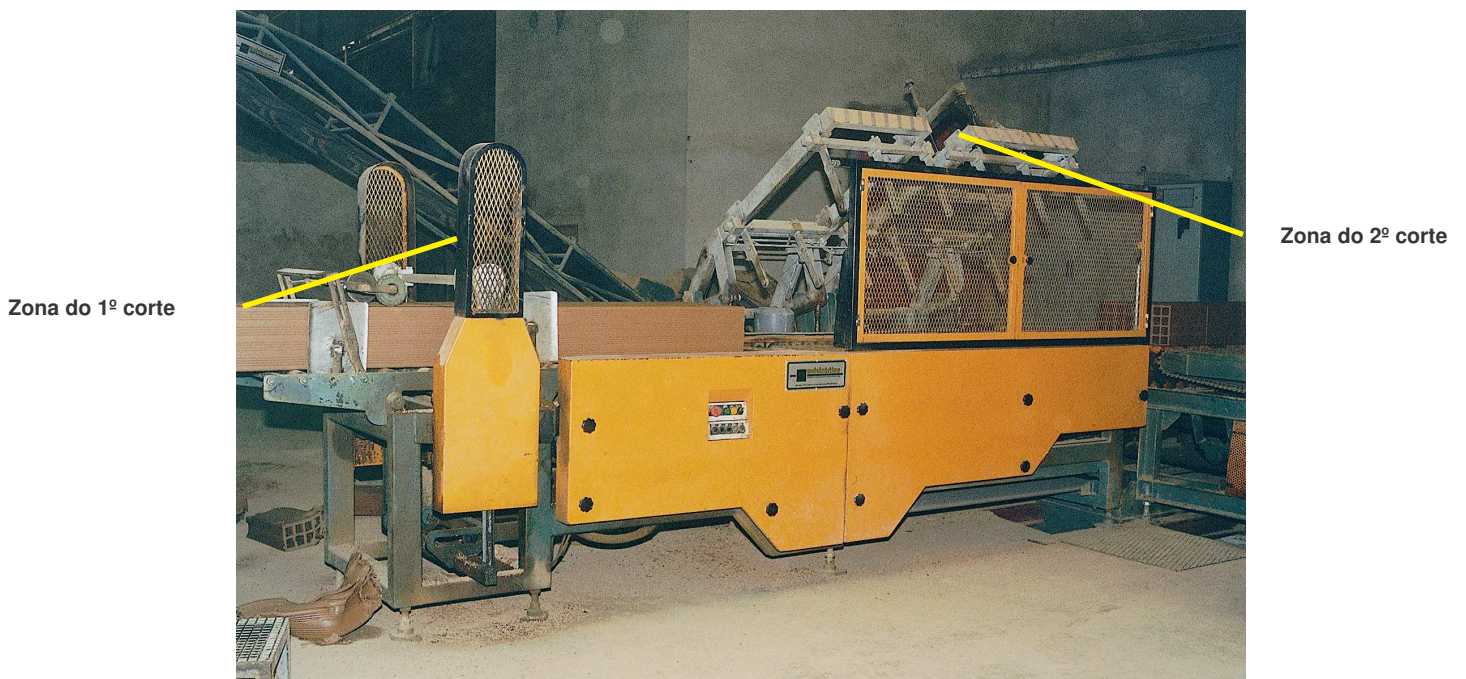


Ilustração 38 - Mesa Corte Multifio

3.2.3.1. Descrição Funcional

a. Corte do tarugo de barro

O acesso a este cortador é feito por uma pequena roleira livre com tela. O sistema de corte do tarugo é constituído por um carro de deslocamento vertical equipado com portafio e simultaneamente com movimentação horizontal, andamento este sincronizado com a movimentação horizontal do tarugo.²

b. Corte do tarugo nas dimensões do tijolo

Esta parte do sistema de corte é constituída por um garfo, equipado com portafios para o tijolo, ajustáveis longitudinalmente às dimensões do tijolo.

O bloco, vindo da tela sincronizadora, entra na roleira e fica posicionado de acordo com o tijolo a fabricar no momento. O garfo portafios, em movimento circular descendente, corta o bloco nos respectivos tijolos, tendo em conta o mecanismo de meio corte que em simultâneo com o movimento do garfo faz o meio corte no tijolo. Estes só voltam a subir quando o material cortado sair da zona de corte. O meio corte tem regulação da profundidade do corte e a sequência de actuação do mesmo pode ser modificada.²

c. Instalação eléctrica

A mesa de corte é equipada com todos os elementos eléctricos/electrónicos indispensáveis para o seu funcionamento.²

3.3. Método avaliação de risco

A Avaliação de riscos é uma técnica para avaliar o risco de lesão ou dano que pode resultar dos riscos (fenómenos perigosos) identificados. Consiste numa série de etapas lógicas que se repetem de modo iterativo com vista à eliminação dos fenómenos perigosos. Os seus resultados devem ser usados para determinar o grau de protecção e o tipo de medidas de protecção a serem efectuadas.

O plano de controlo de riscos estabelece as medidas a implementar de forma a anular o risco na origem ou, não sendo possível, minimizá-lo tornando-o aceitável, isto é, "reduzir o risco na origem a um nível que possa ser aceite, tomando em atenção as suas obrigações legais e a própria política de segurança e saúde no trabalho"³

Para podermos realizar avaliação de risco existem vários métodos e metodologias.

Os métodos de avaliação de riscos são:³

- Matrizes;
- Fimea;
- INSHT;
- W. T. Fine;
- Processo geral;
- HAZOP;
- GREENER
- Dow.

Dos vários Métodos existentes, aquele que nos oferece uma avaliação mais abrangente é o método W.T. FINE⁴. Esta metodologia permite quantificar a magnitude dos riscos existentes, hierarquizar a sua prioridade de correcção, o que é uma mais valia ao método, associa custos a cada uma das medidas que se adopta.

3.3.1. Elaboração da Lista de Verificação

Realizar-se-á uma lista de verificação de perigos, check-list, que fará a análise de todos os possíveis factores de risco anexos à *máquina ferramenta*, desde os mais regulares aos mais esporádicos.

3.3.2. Identificação dos Perigos

A identificação inicial dos perigos, terá em atenção determinados pontos base fundamentais no desenvolver de todo o processo, serão ele os requisitos legais e regulamentares, a análise prática de todas as funções da máquina, e uma apreciação a todo o histórico relativo a incidentes e acidentes que se associam.

3.3.3 Identificação e Valorização do Risco

Após a identificação dos perigos mais relevantes, serão valorados os riscos a eles associados, ou seja, serão comparados os valores do risco obtidos como os valores do risco aceitáveis.

As tabelas abaixo indicam de forma explícita como são valorados os factores principais, associados ao risco, que são a probabilidade, **P**, a exposição, **E**, e a consequência, **C**.

DETERMINAÇÃO DO FACTOR DE PROBABILIDADE, P		
Muito Provável	Acidente como resultado mais provável e esperado, se a situação de risco ocorrer.	10
Possível	Acidente perfeitamente possível (probabilidade de 50%).	6
Raro	Acidente como coincidência rara (probabilidade de 10%).	3
Repetição Improvável	Acidente como coincidência remotamente possível. Sabe-se que já ocorreu (1%).	1
Nunca Aconteceu	Acidente como coincidência extremamente remota.	0,5
Praticamente Impossível	Acidente como praticamente impossível. Nunca aconteceu em muitos anos de exposição.	0,1

DETERMINAÇÃO DO FACTOR DE EXPOSIÇÃO, E		
Contínua	Muitas vezes por dia	10
Frequente	Aproximadamente uma vez por dia	6
Ocasional	> 1 vez por semana a < 1 vez por mês	5
Irregular	≥ 1 vez por mês a ≤ 1 vez por ano	4
Raro	Sabe-se que ocorre, mas com baixíssima frequência.	1
Pouco Provável	Não se sabe se ocorre, mas é possível que possa acontecer.	0,5

DETERMINAÇÃO DO FACTOR DE CONSEQUÊNCIA, C		
Catástrofe	Elevado número de mortes, grandes perdas.	100
Várias Mortes	Perdas ≥ 500.000 e < 1.000.000 euro	50
Morte	Acidente mortal Perdas ≥ 100.000 e < 500.000 euro	25
Lesões Graves	Incapacidade permanente Perdas ≥ 1.000 e < 100.000 euro	15
Lesões com Baixa	Incapacidade temporária Perdas < 1.000 euro	5
Pequenas Feridas	Lesões ligeiras Contusões, golpes	1

3.3.4. Identificação das Acções Correctivas a Propôr

Desta forma, após se ter valorado os factores de probabilidade, exposição e consequência, calcular-se-á automaticamente o grau de perigosidade, **GP** associado ao risco, $GP = P * E * C$, sendo possível determinar o grau de perigosidade mediante o agrupamento dos diferentes valores obtidos, sendo possível estabelecer critérios de actuação, através do estabelecimento de níveis de correcção.

CRITÉRIO DE ACTUAÇÃO COM BASE NO GRAU DE PERIGOSIDADE (GP)		
GP Magnitude do Risco	Classificação do Risco	Actuação Correctiva
Superior a 400	Grave e iminente	Suspensão imediata da actividade perigosa
$400 > GP > 201$	Alto	Correcção imediata
$200 > GP > 71$	Notável	Correcção necessária e urgente
$20 > GP > 70$	Moderado	Não é urgente, mas deve corrigir-se
Inferior a 20	Aceitável	Pode omitir-se a correcção

Estas acções correctivas, propõem eliminar ou minimizar o risco permitindo reduzi-lo a níveis aceitáveis.

3.3.5. Valorização da Justificação de Investimento Estabelecimento dos Níveis de Acção

A componente económica influencia sempre a intervenção. A valorização do custo tem por base, o Índice de Justificação, J, obtido pelo formulário citado em cima, e que se

expressa segundo: $J = \frac{GP}{FC \times GC}$, onde GP é o grau de perigosidade, FC é o factor de

custo e GC o grau de correcção e tem por base os seguintes quadros:

DETERMINAÇÃO DO FACTOR DE CUSTO, FC	
Acima de 2.500 euro	10
De 1.250 a 2.500 euro	6
De 675 a 1.250 euro	4
De 335 a 675 euro	3
De 150 a 335 euro	2
De 75 a 150 euro	1
Menos de 75 euro	0,5

DETERMINAÇÃO DO GRAU DE CORRECÇÃO, GC	
Risco Completamente Eliminado	1
Risco Reduzido a 75%	2
Risco Reduzido entre 50% e 75%	3
Risco Reduzido entre 25 e 50%	4
Ligeiro Efeito Sobre o Risco, < 25%	6

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE JUSTIFICAÇÃO, J	
$J \geq 20$	Actuação: Muito Justificado
$20 > J \geq 10$	Actuação: Provável Justificação
$J < 10$	Actuação: Não Justificado

A determinação do índice de justificação será de extrema importância, na aplicação de medidas correctivas, mas para que a proposta seja aceitável, considerar-se-á apenas os casos onde $J > 10$.

3.3.6. Níveis de Acção

Após o conhecimento das medidas de carácter preventivo, a implementar para cada caso, divide-se estas acções em três, Medidas Construtivas, Medidas Organizacionais e Medidas de Protecção.

Conseguiu-se assim, definir o modo de actuação para a identificação dos perigos, valorização, avaliação, hierarquização e controlo de riscos associados às actividades e processos de forma a determinar aquelas medidas correctivas que poderão ser implementadas.

Fluxograma do método:



3.4 Aplicação

A aplicação é a Avaliação de Risco à Mesa de Corte Multifio, seguindo os requisitos do Método W.T. Fine apresentado no ponto anterior.

Constatou-se que existem vários pontos de risco na máquina em estudo. Os pontos críticos, devem-se essencialmente à carência de protecções adequadas, proporcionado nestas áreas o desencadeamento de lesões por corte e entalamento. A origem destes riscos advém de erros durante a concepção e desenvolvimento da máquina.

3.5. Proposta melhorias

De acordo com as propostas de melhoria, efectuadas durante a realização da Avaliação de Risco à máquina de estudo, Mesa Corte Multifio, elaboraram-se alguns estudos para a concepção do redesign da máquina. Todas as alterações são identificadas e devidamente assinalas, no protótipo do redesign.

A tarefa do operador consiste na troca e verificação dos moldes da extrusora (fieira) e da sua vigilância: O operador deverá verificar a qualidade do corte do tarugo e posteriormente do corte na dimensão pretendida.

3.5.1. Design/Informação

Ponto 5, 7 e 8 *Segurança* no trabalho é uma preocupação primordial. Os acidentes de trabalho só são evitados por meio da informação, e esta é a função dos sinais e pictogramas de advertência. Este tipo de sinalização é usado para alertar o operador sobre todos os procedimentos de *segurança*. Por conseguinte, são figuras simples que fornecem toda a informação necessária.

Os dispositivos informativos classificam-se de forma geral como indicadores estáticos e dinâmicos.⁶ Sendo, o indicador estático permanente e imutável, sinais e pictogramas. O indicador dinâmico é variável, luzes semáforos.³ Quanto à “boa forma”, é aquela que mais facilmente se identifica num conjunto de formas. Assim, quanto mais próxima das formas geométricas básicas estiver e quanto mais simétrica for, mais pregnante se torna.⁶

Embora a nível informativo a forma visual seja a mais habitual, a audição também possui o seu benefício.

Constituídas estas considerações o redesign da *máquina ferramenta*, terá informação visual na forma de pictogramas, sinalética e informação auditiva e visual.

Assim, possuirá sinalética na blindagem lateral da máquina, sinal de perigo, nas zonas de movimentação que embora se encontrem protegidas, reforçara a advertência para o perigo e sinal de proibição das mãos nas zonas da roleira

No quadro de comando, os órgãos de comando estão identificados por pictogramas. Na zona superior do quadro de comando encontra-se um “pirilampo”, que funcionará aquando a existência de avaria e durante os períodos de manutenção, a advertência será realizada por sinal sonoro e luminoso.

O botão de paragem de emergência encontrar-se-á no quadro de comando e também na blindagem lateral oposta ao quadro de comando. A colocação de um segundo botão de paragem de emergência deve-se ao facto do operador realizar tarefas de ambos os lados, existindo maior *segurança* na ocorrência de algum tipo de risco.

O botão de paragem de emergência irá possuir uma chave que é retirada pelo operador da manutenção/intervenção. Desta forma é assegurada que a máquina não entre em funcionamento durante a manutenção/intervenção do operador

3.5.2. Design/Ergonomia

Ponto 6 Embora, só na década de vinte do século XX se registre a aplicação em *design* da ergonomia, esta foi colocada em prática por Dreyfuss. Aborda o objecto em estudo, de uma forma não estilista, mas essencialmente funcionalista, atingindo uma tão grande qualidade que se tornou um ponto fundamental para o desenvolvimento, concepção e redesign de uma máquina ferramenta.

Trata-se aqui, de obter uma maior funcionalidade e rentabilização em design de máquina ferramenta na interacção homem-máquina, em função das características das máquinas ferramenta, dos recursos financeiros disponíveis e a sua maior adequação, considerando-se um tipo distinto em *design* ergonómico:

Design para operadores – Pretende-se, que a maioria dos operadores, fique abrangido pelo *design*, jogando-se com os dados de maiores ou menores dimensões, tendo como base, tabelas antropométricas.

3.5.2.1. Análise Design/Ergonomia

Realizou-se um inquérito aos operadores que manuseiam a Mesa de Corte Multifio, a fim de perceber quais as posturas em que sentem maior dificuldade constatando-se o seguinte:





	Itens da análise	Avaliação do operador
1	Altura do posto de trabalho	 Aceitável
2	Distância de alcance do tijolo, quando este se encontra com má qualidade	 Mau
3	Altura dos órgãos de emergência	 Aceitável
4	Posturas para retirar as blindagens de protecção	 Aceitável

Tabela VI Inquérito para análise ergonómica

Os dados antropométricos, que iremos aplicar na aplicação prática do *design* ergonómico são os dados antropométricos funcionais, referindo-se a medidas de alcance ou de amplitude efectuadas em condições “*funcionais*” ou *operativas*, permitindo que no desempenho da tarefa o operador a realize confortavelmente.

Foram seleccionados os dados antropométricos, seguintes para o processo do redesign da Mesa de Corte Multifio:

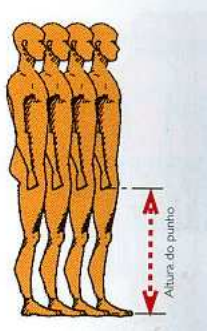
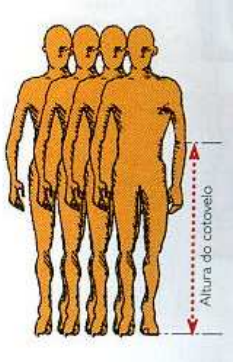
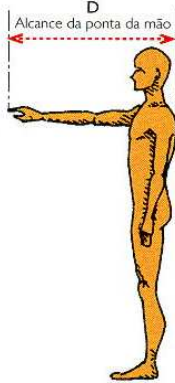
Definição	Aplicação	P(x) Selecção do percentil	Demonstração
A altura do punho é a distância entre o solo e o metacarpo do dedo médio com a mão fechada, com o membro superior estendido para baixo, ao longo do corpo	Constitui um nível de referência para pegas	Seleccionar o percentil 95%	
A altura do cotovelo é a distância vertical entre o solo e o extremo do cotovelo	Constitui uma importante referência para determinar alturas de superfícies de trabalho de pé	Se a superfície de trabalho abaixo do cotovelo tiver uma margem dimensional de 95 cm(5%) a 110 cm (95%) então servirá a 90%.	
Alcance da ponta da mão distância vertical até à ponta dos dedos	Constitui uma importante referência para determinar a largura das superfícies de trabalho de pé	Seleccionar o percentil 5%	

Tabela VII Dados antropométricos

3.5.2.2. Aplicação prática

Altura, do plano de trabalho, da Mesa de Corte Multifio – Está relacionada com a altura do cotovelo.

Cálculo da altura do cotovelo de pé para 95% masculina:

- A altura correcta para o plano de trabalho é de 118,0 cm

A máquina de estudo possui um plano de trabalho de 124,0 cm, verificando que a maioria dos operadores sente dificuldade, quando necessita remover produto danificado.

O redesign da máquina irá ficar de acordo com os dados antropométricos, de 118,0 cm.

Alcance do operador ao tijolo de má qualidade, largura da Mesa de Corte Multifio – Está relacionada o alcance da ponta da mão.

Cálculo do alcance da ponta da mão para 5% masculina

- A largura correcta do plano de trabalho, Mesa de Corte Multifio, deverá ser de 67,6 cm.

A máquina de estudo possui um plano de trabalho de 99,0 cm verificando que existe um desajustamento, provocando lesões músculo-esqueléticas nos operadores

A máquina deverá ter um plano de trabalho que consiga cortar quatro fiadas de tarugo simultaneamente, assim a largura estipulada pelos dados antropométricos para 5% da população masculina, não poderá ser de todo respeitada. Poderão existir reduções, mas muito pequenas. O operador deverá possuir um mecanismo de elevação para a realização destas tarefas.

Altura, pegadas das blindagens, da Mesa de Corte Multifio – Está relacionada com a altura do punho

Cálculo da altura do punho para 95% masculina

- A altura aconselhável é de 82,5 cm

As pegas da máquina de estudo estão posicionadas a 62,5 cm, considerando-se não existirem grandes riscos.

3.5.3. Design/Materiais

Ponto 9 A escolha de materiais é hoje quase ilimitada, o que é uma boa e má notícia para os *designers*. Boa, porque provavelmente podem, investindo o esforço necessário, encontrar um compromisso óptimo para o produto em vista; má, porque a tranquilidade dos tempos em que a escolha era limitada a alguns materiais está enterrada.

A selecção de materiais é um dos aspectos do processo de *design* e deveria ser, tanto quanto possível, um processo quantificado. A selecção é precedida da previsão das condições de serviço, e realiza-se interactivamente, tomando em consideração a conversão da matéria-prima na forma final.

Há então que estar mais alerta do que nunca aos possíveis mecanismos de danificação do material. A danificação pode resultar em erros no *design*.

É habitual inventariar os seguintes mecanismos de danificação:

- Fractura frágil ou dúctil,
- Fadiga (a elevado ou baixo número de ciclos),
- Fluência,
- Instabilidades,
- Plastificação,
- Corrosão e corrosão sob tensão,
- Fadiga-corrosão,
- Desgaste e degradações superficiais.

As etapas iniciais de um processo de selecção de materiais envolvem respostas a perguntas como:

Quais as propriedades mecânicas e físicas dos materiais candidatos? (características a alta e baixa temperatura; tenacidade; propriedades térmicas, eléctricas, magnéticas e ópticas; corrosão; desgaste e abrasão,),

Quais os processos de fabrico aplicáveis e como é que estes afectam a selecção? (maquinagem, fundição, sinterização, revestimentos superficiais, conformação,)

Quais os mais adequados processos de ligação? (ligações mecânicas, brazagem, soldadura, colagem,)

Quais são os resultados de ensaios laboratoriais? (fluência e fadiga, impacto,)

Trata-se aqui, da necessidade de introduzir um material mais leve para a produção das blindagens laterais da Mesa de Corte Multifio. Em geral, os materiais mais leves são mais caros do que os materiais substituídos. Porém, generalizam-se as aplicações destes materiais. A razão reside no facto de ser necessário contabilizar também as economias decorrentes das tecnologias de fabrico adequadas. Como é o caso do material escolhido, *plástico*. Recorde-se a facilidade com que se obtêm uma peça de plástico com forma complexa, que porventura exigiria a combinação de diversos componentes, acaso realizada em metal.

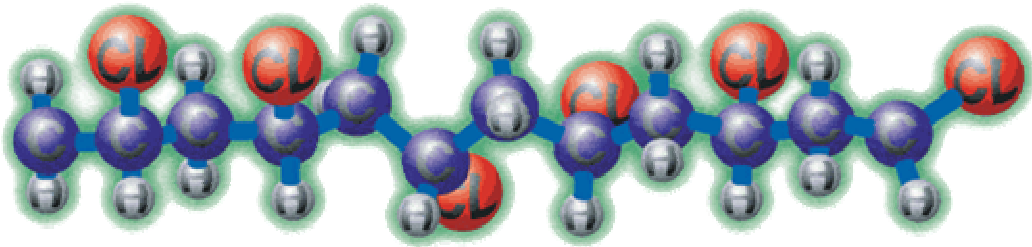
Para efectivar a selecção do tipo de polímero a aplicar, apresentam-se as seguintes propriedades mecânicas:

	PE Polietileno	PC Policarbonato	PVC Policloreto de vinilo	PP Poliestireno	Acrílico
Densidade g/cm ³	1.5	1,20	1.4	1,05	1.17
Resistência à flexão MPa	45	80	28	45	86
Resistência à tracção MPa	21	20	16	21	58
Resistência ao impacto J/m	100	600-800	70	100	100
Resistência térmica °C	100	140	78	76	109

Tabela VIII Propriedades mecânicas dos polímeros ⁷

Embora, as propriedades mecânicas demonstrem que a melhor escolha é o acrílico o polímero escolhido será o PVC.

A razão da escolha deve-se ao factor do PVC não ser um material como os outros. É o único material plástico que não é 100% originário do petróleo. O PVC contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio - sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo), cuja a sua fórmula química é a seguinte:



E, por ser um plástico reciclável, a sua reciclagem acontece desde o começo da sua produção.

Principais características:

- Leve ($1,4 \text{ g/cm}^3$), o que facilita seu manuseio e aplicação;
- Resistente à maioria dos reagentes químicos;
- Bom isolante térmico, elétrico e acústico;
- Sólido e resistente a choques;
- Impermeável a gases e líquidos;
- Resistente às intempéries (sol, chuva, vento e maresia);
- Durável: a sua vida útil é superior a 50 anos;
- Reciclável e reciclado;
- Fabricado com baixo consumo de energia

As blindagens laterais deverão possuir dimensões na ordem dos 500 mm e produzidas em PVC. Tornando-se mais leves e por conseguinte, resistentes ao manuseio dos operadores.

3.5.3. Design/Electrotecnia

Ponto 15 A blindagem referida no ponto 15 para além de lhe ser proposto um novo tipo de blindagem, será introduzido um mecanismo electrónico, fim de curso que efectuará a paragem da máquina, quando esta protecção for accionada.

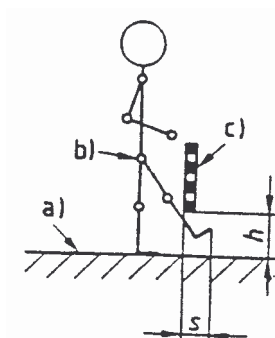
A máquina terá no seu equipamento electrónico um relé de segurança que dará a total *segurança* à máquina.

3.5.4. Design/Segurança

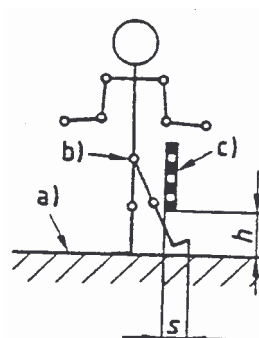
Ponto 16 Um dos pontos de permanente vigilância é a saída do tarugo do molde da extrusora (fieira). Aqui, podem ocorrer alguns factores que originaram um corte deficiente do tijolo. O aparecimento de impurezas ou barro seco no molde, que ocasionará um produto inacabado, tendo nesta fase que existir a intervenção do operador. Este, terá também, que trocar os moldes da fieira (levantando o transportador sem accionamento automático nem travão de segurança aquando se encontra na posição vertical) e desimpedir o molde, realizando a sua limpeza. A tarefa de limpeza, é realizada com a ajuda de um ferro que actuará em todos os orifícios do molde até este se encontre perfeitamente desimpedido. A operação descrita é efectuada com a máquina a funcionar, podendo a todo o momento o operador sofrer lesões nos membros superiores com o movimento vertical de corte do tarugo.

Este tipo de lesão ocorre por um mau dimensionamento do transportador. O transportador será aumentado, proporcionando ao operador espaço suficiente para efectuar a tarefa, que se considera de grande importância para a qualidade do produto final. Por conseguinte, este transportador será automatizado facilitando a tarefa do operador na sua elevação para troca do molde da extrusora (fieira). Este também, irá possuir um sistema de travamento, através de um travão para que a operação se realize com a maior segurança.

Ponto 17 A blindagem existente na zona de 1º corte do movimento vertical e movimento horizontal sincronizado com a velocidade da extrusora (fieira) encontram-se completamente desprotegidos. Existindo risco de acesso dos membros inferiores (pés) possível de acontecer por baixo e existindo perigo de esmagamento. Existindo a movimentação de uma parte móvel em direcção a uma parte fixa da Mesa de Corte Multifio, como foi verificado na Avaliação de Risco. Pretende-se eliminar as zonas perigosas acessíveis aos membros inferiores, utilizando a norma EN 811 - *Distâncias de segurança para prevenir zonas perigosas acessíveis aos membros inferiores* e a norma EN 349 - *Distâncias mínimas para evitar o esmagamento do corpo*.



Caso 1



Caso 2

Tabela IX Exemplo dos possíveis Movimentos livres

O operador consegue e alcança a zona perigosa através da abertura, com a distância assinalada, devendo e de acordo com a norma EN 811 existir uma protecção com a distância, também assinalada na tabela seguinte. Em relação ao perigo de esmagamento deve ser tido em consideração as distâncias identificadas na tabela.

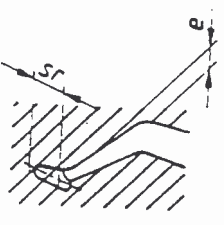
Parte do membro inferior	Ilustração	Abertura	Distância de segurança s_r	
			Ranhura	Redonda ou quadrada
Pé		$35 < e \leq 60$	≥ 180	≥ 80
		$60 < e \leq 80$	≥ 650	≥ 180
		$180 < e \leq 240$	Não admissível	≥ 1100

Tabela X Distância aos membros inferiores


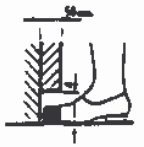
Parte do corpo	Distância Mínima (mm)	Ilustração
Pé	120	
Dedos dos pés	50	

Tabela XI Distância aos membros inferiores

Contudo, a solução mais indicada para impedir o livre acesso dos membros inferiores por baixo da *máquina ferramenta* e o perigo de esmagamento do pé, foi prolongar a blindagem total da máquina até ao chão.

Por conseguinte, observamos, na mesma zona, risco de acesso dos membros superiores (mãos) e perigo de esmagamento com movimentação de uma parte móvel em direcção a uma parte fixa da Mesa de Corte Multifio, sendo aqui utilizada a Norma EN 294 –

Distâncias de segurança para prevenir zonas perigosas acessíveis aos membros superiores e a norma EN 349 - Distâncias mínimas para evitar o esmagamento do corpo.

O operador consegue e alcança a zona perigosa, pela falta de protecção no local de movimentação horizontal de 1º cote, com a distância assinalada, devendo e de acordo com a norma EN 294 existir uma protecção com a distância, assinalada na tabela seguinte. Em relação ao perigo de esmagamento deve ser tido em consideração as distâncias identificadas na tabela

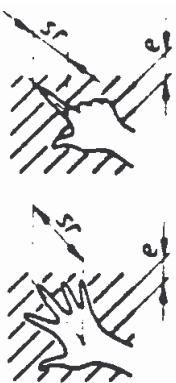
Parte do corpo	Ilustração	Abertura	Distância de segurança sr		
			Ranhura	Abertura Quadrada	Abertura Redonda
Dedos até à junta de articulação ou a mão		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	≥ 850	≥ 120	≥ 120

Tabela XII Distância aos membros superiores



Parte do corpo	Distância Mínima (mm)	Ilustração
Mão pela primeira articulação	100	
Dedo	25	

Tabela XIII Distância aos membros superiores

Aqui, após a observação da *máquina ferramenta* em funcionamento concluiu-se que para eliminar este ponto a máquina terá sofrer alteração nas suas partes laterais.

O chassi da máquina deve ser inteiro, o que não se verifica, realizando-se a movimentação horizontal da máquina no seu interior, deixando de existir esta zona de risco.

Ponto 19 Outros dos perigos observados é o alcance sobre estruturas de protecção do mecanismo de tracção da movimentação do 2º corte, proporcionando a ocorrência de acidentes nos membros superiores do corpo. O objectivo consistia em colocar todos os mecanismos de tracção no interior da *máquina ferramenta*. Todavia, tal não era possível. Assim, de acordo com a norma EN 294 - *Distâncias de segurança para prevenir zonas perigosas acessíveis aos membros superiores*, constata-se que devemos possuir uma protecção com os valores assinalados na tabela a baixo.

Símbolos

São utilizados os símbolos seguintes:

- Altura da zona perigosa - a
- Altura da estrutura de protecção - b
- Distância horizontal à zona perigosa – c

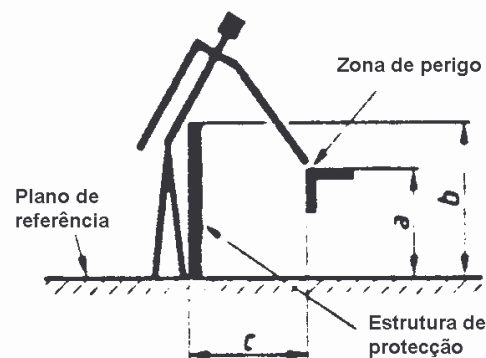


Figura 2

Ilustração 39 Distâncias de segurança para prevenir zonas perigosas

Altura da zona de perigo a	Altura da estrutura de protecção b								
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500
	Distância horizontal à zona perigosa c								
2500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2400	100	100	100	100	100	100	100	100	-
2200	600	600	500	500	400	350	250	-	-
2000	1100	900	700	600	500	350	-	-	-
1800	1100	1000	900	900	600	-	-	-	-
1600	1300	1000	900	900	500	-	-	-	-
1400	1300	1000	900	800	100	-	-	-	-
1200	1400	1000	900	500	-	-	-	-	-
1000	1400	1000	900	300	-	-	-	-	-
800	1300	900	600	-	-	-	-	-	-
600	1200	500	-	-	-	-	-	-	-
400	1200	300	-	-	-	-	-	-	-
200	1100	200	-	-	-	-	-	-	-
0	1100	200	-	-	-	-	-	-	-

Tabela XIV Distâncias de segurança para prevenir zonas perigosas

De forma a seleccionar e projectar as protecções adequadas à máquina usaram-se as seguintes normas Norma EN 953 - *Requisitos gerais para projecto e construção de protecções fixas e móveis* e prEN 1050 - Principles for risk assessment

No âmbito destas normas são aplicadas as seguintes definições, que são importantes para o desenvolvimento deste ponto:

Protecção - Parte de uma máquina especificamente concebida para lhe conferir protecção, por meio de uma barreira. Dependendo da sua construção uma protecção

poderá designar-se por: armação, cobertura, rede de protecção, porta, protecção envolvente, entre outros. A protecção pode actuar de duas formas:

- Isolada, neste caso a protecção só é efectiva quando está na sua posição de segurança;
- Conjunta, com um dispositivo de encravamento com ou sem fecho da protecção, neste caso a segurança é assegurada em qualquer posição da protecção;

As protecções que são usadas nos vários pontos críticos, detectados pela Avaliação de Risco serão as seguintes:

Protecção fixa – protecção que se mantém na posição de segurança:

- Permanentemente, com possibilidade de movimentação;

Utilizadas na zona do primeiro do 1º corte

- Através de fechos ou outros meios, que garantam que a protecção só se remove com o auxílio de ferramentas.

Aqui, teremos que ter em atenção dois pontos:

Dimensão e peso

As partes removíveis das protecções devem ser projectadas de forma a terem uma dimensão e peso, que permita o seu fácil manuseio. As protecções, que não possam ser movidas ou transportadas manualmente devem ser munidas ou poderem ser munidas de dispositivos para o transporte através de mecanismos de elevação, como por exemplo:

- aplicações standard de elevação como lingas, ganchos e cavilhas de olhal ou, simplesmente, orifícios roscados para fixação de utensílios;
- acessórios para elevação automática através de um gancho de elevação, quando a fixação não é possível a partir do solo;
- protecções com mecanismos de elevação e acessórios integrados;
- indicação na protecção e em algumas das suas partes removíveis ou nas instruções de uso do valor do peso expresso em kg;

Força de accionamento

Protecções móveis ou secções removíveis das protecções devem ser projectadas por forma a facilitar as operações.

O cumprimento dos princípios ergonómicos no projecto contribui para aumentar a segurança e reduzir o stress e o esforço físico do operador. Estes factores melhoram o desempenho e segurança da operação, contribuindo para a diminuição da probabilidade de erros no uso da máquina.

A força necessária para o accionamento pode ser reduzida pelo uso de dispositivos como molas, contrapesos, suportes a gás, entre outros.

Quando as protecções são accionadas automaticamente não devem ser passíveis de produzir danos corporais (pela pressão de contacto, força, velocidade, arestas cortantes, etc.). Quando a protecção está preparada com um dispositivo, que automaticamente reinicia a abertura da protecção a força para evitar o fecho da protecção não deve ser superior a 150 N e a energia cinética não deve exceder 10 J. Na inexistência de dispositivo de protecção os valores referidos devem ser reduzidos para 75 N e 4 J respectivamente.

Todas as blindagens possuem armações produzidas em PVC, para serem leves e em Policarbonato, utilizado no revestimento, facilitando a visibilidade para as zonas de movimentação da máquina.

O policarbonato possui boas propriedades mecânicas, que podem ser observadas na tabela VIII.

Propriedades mais relevantes:

- Resistente ao impacto;
- 250 vezes mais resistente que o vidro;
- Excelente visualização através dele;
- Leve;
- Boas propriedades mecânicas.

Para remover as protecções propostas, os operadores terão que usar ferramenta adequada, assegurando assim a total protecção de todos os operadores.

3.5.5. Design/Cor

Embora o estudo das cores seja visto como um factor secundário na concepção e desenvolvimento de *máquinas ferramenta*, é de fundamental importância para os designers. Este factor, contribui para a segurança, mas também para a saúde e bem-estar dos operadores (devido à sua influencia psicológica e fisiológica).

A visão das cores é, um dos aspectos mais interessantes e debatidos da sensibilidade ocular, sendo o seu estudo utilizado nas mais diversas áreas do conhecimento, abrangendo desde a fisiologia, à psicologia até à engenharia e mais especificamente ao design.

Acreditando que a cor não deve ser utilizada só por características estéticas, mas que deve levar em consideração as diversas funções da *máquina ferramenta* e as exigências psicológicas do operador, transmitindo o desencadeamento das emoções. Estas são usadas para amenizar condições de monotonia e stress, aumentando a produtividade e reduzindo a taxa de acidentes.

Contudo, a selecção de cores para obtenção de resultados deve ser cuidadosa.

Amarelo: Cor, quente, estimulante, de vivacidade e luminosidade. Tem índice de reflexão, e sugere proximidade. Se usado em excesso, podendo-se tomar monótona e cansativa.

AZUL: Está associado na cultura ocidental, à fé, confiança, integridade, delicadeza, pureza e paz. O azul-escuro dá a sensação de frieza e formalismo.

LARANJA: Cor estimulante e de vitalidade. Está relacionada com acção, entusiasmo e força. Possui grande visibilidade. Chamando a atenção para pontos que devem ser destacados.

ROSA: Aquece, acalma e relaxa. Está ligada á fragilidade, feminilidade e delicadeza.

VERDE: Quando em tom claro transmite sensação de paz e bem-estar. E uma cor que sugere tranquilidade.

VERMELHO: Cor estimulante. Desperta entusiasmo, dinamismo, acção e violência. Dá sensação de calor e força, estimulando os instintos naturais e sugerindo proximidade. Se

usada em excesso pode irritar, desenvolver sentimentos de intranquilidade e despertar violência.

VIOLETA: em excesso torna o ambiente agressivo, leva à melancolia e depressão. Sugere muita proximidade, contacto com os sentimentos mais elevados e com a espiritualidade. Assim como o vermelho, o azul-escuro e o verde-escuro, não se recomenda no uso de máquinas ferramenta com grandes dimensões.

Todavia, estar em contacto permanente com a *máquina ferramenta*, a cor escolhida deverá ser opaca ou neutra. Opaca para reflexos de luz que podem cansar a vista e neutra pela mesma razão.

A cor escolhida para as blindagens laterais e, como não se trata de uma área que necessite de atenção para o bom funcionamento da máquina e, só causarão perigo para os operadores, se as propostas de melhoria não forem utilizadas em futuros desenvolvimentos desta máquina, uso do PVC e dimensões pequenas a cor escolhida será opaca e azul celeste com metalizada. As restantes blindagens encontram-se em áreas de perigo para os operadores. A cor escolhida será a laranja que proporciona a chamada de atenção para pontos que devem ser destacados.

3.6. Redesign

O redesign da Mesa de Corte Multifio, não é mais que a reformulação do projecto existente, assumindo a mesma função que anteriormente. Por conseguinte, o redesign deverá também criar melhoramentos, evoluindo-a.

A partir de uma visão holística da interacção com o operador, pretende-se procurar formas nas quais se possa inovar a máquina na forma do produto, “uma vez, que a actual apresentava-se como uma máquina detentora de falhas nos vários níveis de segurança”.

Uma das pretensões da proposta consiste em construir um modelo que seja demonstrativo das propostas de melhoria acima referidas.

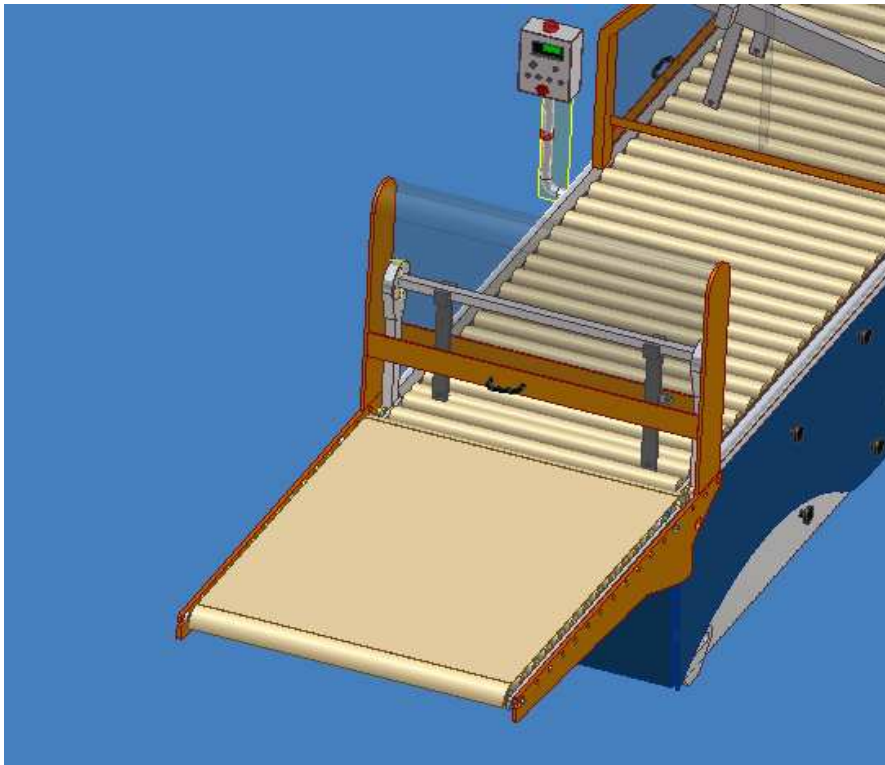
O protótipo não pretende ver a sua funcionalidade correspondida no que respeita à possibilidade de ser utilizável segundo o fim para que foi criado, cotar o tarugo, mas antes pretende ser somente uma representação do potencial da futura Mesa de Corte Multifio.

O redesign da Mesa de Corte multifio, será realizado usando modelação tridimensional. Para o efeito recorreu-se ao software Autodesk Inventor 10.

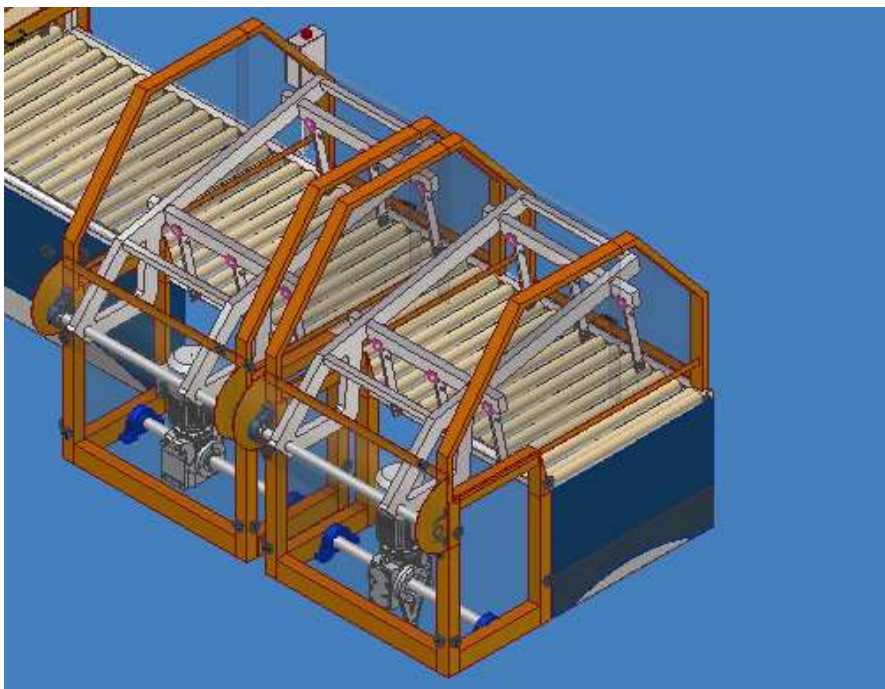
Durante a elaboração do protótipo foram aparecendo as várias propostas de melhoria equacionadas no ponto anterior. Uma das propostas de melhoria incluía um melhor posicionamento dos órgão de comando, bem como, uma melhor identificação dos seus comandos, na forma de pictogramas e sistema de alarme visual/sonoro durante as operações de manutenção.

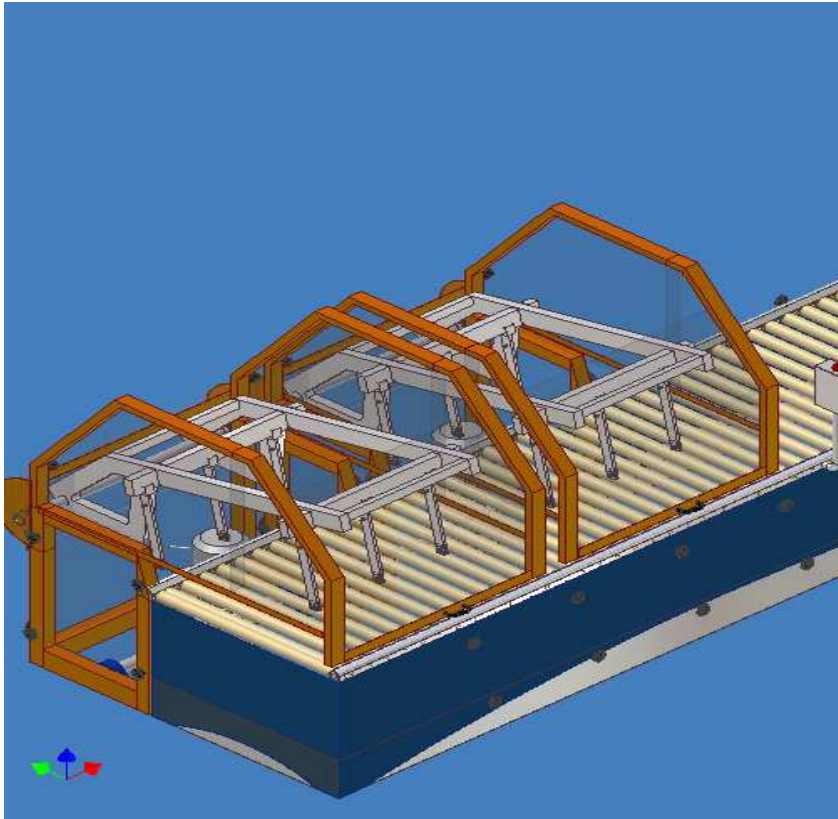


A máquina sofreu bastantes alterações, nas zonas das blindagens. O protótipo apresenta novas blindagens nas zonas que se verificaram perigosas, zona do transportador, onde se efectua o deslocamento do tarugo da extrusora (fieira) para a Mesa de Corte Multifio, zona do 1º corte e na zona do 2º corte.

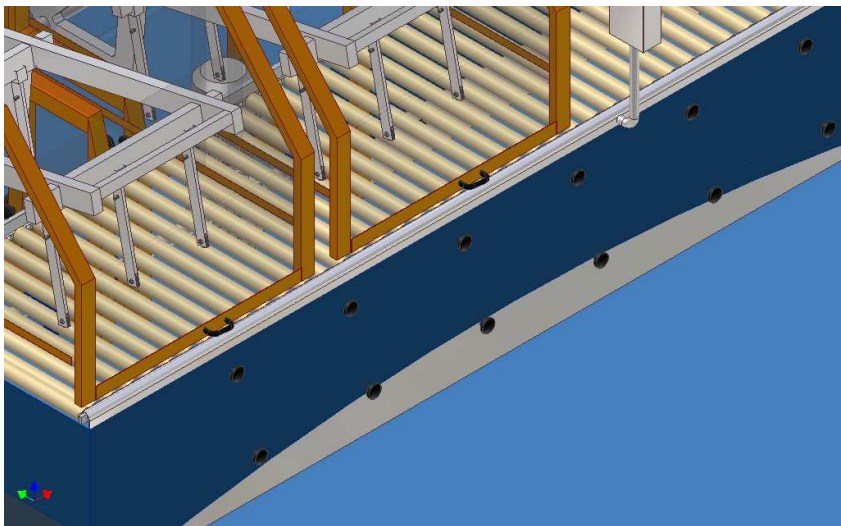


Podemos, constatar o aumento do transportador, assim como a proposta de blindagem para a zona de 1º corte, de movimentação vertical e horizontal.





Proposta das blindagens da zona de 2º corte, tanto para a sua zona de tracção, como para a zona de corte.



O protótipo contemplou também, a zona de perigo das blindagens laterais, executando estas blindagens, a partir do material seleccionado e estudado no ponto anterior. O

objectivo foi tornar as blindagens mais leves e conseqüentemente mais pequenas, facilitando o manuseamento das mesmas.

O protótipo foi desenvolvido para colmatar as lacunas existentes nos aspectos de segurança, convertendo a Mesa de Corte Multifio, numa máquina mais segura e com características estéticas e funcionais mais adequada à interligação homem-máquina.

3.7. Reavaliação da proposta de melhorias

Após o redesign da máquina ferramenta, reavaliou-se os pontos críticos apontados pela Avaliação de Risco, verificando-se que as propostas apresentadas poderão colmatar as deficiências encontradas na Mesa de Corte Multifio de estudo.

As propostas de melhoria utilizaram as metodologias de *design* e *segurança* podendo assim, concretizar uma máquina mais segura.

Resumo

Propõe-se avaliar a Mesa de Corte Multifio. Para a Avaliação de Risco utilizou-se o método W.T. Fine, que identifica todos os perigos que a *máquina ferramenta* fomenta.

A partir desta avaliação, propôs-se realizar o redesign da *máquina ferramenta*, verificando-se que as ferramentas *design* e *segurança* associadas concebem um protótipo, onde se eliminam os perigos identificados na sua maioria.

A conclusão final, esta patente na reavaliação, usando a matriz inicial, efectuada ao protótipo. Consta-se que os requisitos *design* e *segurança* são fundamentais para a obtenção de *máquinas ferramenta* da indústria cerâmica estrutural com a máxima segurança.

Referências

- ¹ **SILVA**, Francisco, **MENEIA**, Nuno, “Sinistralidade laboral no sector cerâmico”, KÉRAMICA, Nº262, Novembro de 2003
- ² “Descrição dos Equipamentos da Cerâmica Estrutural” CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e Vidro.
- ³ **SILVA**, Beatriz, **LOPES**, Emanuel, **BORGES**, Victor “Trabalho Controlo de Riscos”, Curso Superior Higiene e Segurança do Trabalho, _____, Janeiro 2005,
- ⁴ “Guia Avaliação de Riscos W. T. Fine”
- ⁵ _____, “Solution Pratiques”, Prevention Des Risques Mecaniques, Publications du Comité "Securité des Machines", 1ª edição, Junho de 1994
- ⁶ **LAGE**, Alexandra, **DIAS**, Suzana, “Desígnio-Parte 2”, Porto Editora, 2003, [pp.20-26], [pp.126-130]

Conclusões

É agora tempo de reflectir no tema, que norteia esta investigação, e fazer a súmula dos resultados obtidos. Procedendo a uma análise dos resultados obtidos no estudo efectuado.

Para o estudo em causa, foi escolhido um dos sectores com forte implantação no Distrito de Aveiro - Indústria Cerâmica Estrutural.

Julgam-se cruciais os capítulos apresentados neste estudo, para a análise do tema em dissertação, pelo que se passará a uma breve descrição de cada capítulo e às principais conclusões retiradas.

Capítulo 1| **Design e Segurança**

No capítulo 1, faz-se uma apresentação da evolução do *design* industrial. Conclui-se que até aos dias de hoje, as empresas produtoras das *máquinas ferramenta* não estão consciencializadas para a introdução do *design* e de todas as suas potencialidades, para o projecto das mesmas, contando apenas o custo de produção e a sua função produtiva.

É abordada toda a regulamentação e normalização relativa à *segurança* das *máquinas ferramenta*, e indicadas as ferramentas e requisitos a utilizar numa avaliação de riscos. Ficando patente a existência de um vasto conjunto de regulamentos relativos ao tema, que abordam pertinentemente os perigos associados à concepção e utilização das *máquinas ferramenta*.

Capítulo 2| **Cerâmica**

Da análise efectuada, no capítulo 2, às *máquinas ferramenta* existentes na indústria cerâmica estrutural, foram identificados vários perigos para os operadores, traduzindo-se estes, em pontos de melhoria para o *design* das máquinas e para o ambiente onde estas se encontram inseridas. Os perigos identificados não se resumem a uma única fase do processo, mas sim à generalidade dos mesmos.

Destaca-se por área/secção os seguintes perigos:

Ponto 1 - Área/secção de Preparação/conformação:

Denota-se de um modo geral a falta de protecções mecânicas aos elementos móveis e a inexistência de sinalética. Constata-se, ainda nesta fase a presença de muitas poeiras inerentes ao manuseamento da matéria-prima, pelo que se poderá melhorar o meio envolvente através da introdução de sistemas de captação de poeiras associadas à *máquina ferramenta*.

Ponto 2 - Área/secção de Moldagem/Corte:

Verificam-se a existência de várias deficiências relacionadas com a protecção mecânica dos elementos móveis e a ausência de preocupações ergonómicas no design das máquinas ferramenta.

Ponto 3 - Área/secção de cozedura e secagem:

A ocorrência de possível stress térmico junto à zona do forno, é um dos factores com maiores riscos, principalmente na estação de Verão.

Ponto 4 - Área/secção de cozedura e secagem:

Constata-se que a falta de sinalética, delimitação das zonas de movimentação e advertências adjacentes, não se verifica. Assim, é uma área/secção onde a ocorrência de acidentes é uma constante.

No capítulo 3, pretende-se verificar a influência da *segurança* passiva e activa para o *design* das máquinas ferramenta do sector da Indústria Cerâmica Estrutural e deste modo utilizar a ferramenta *design* e todas as suas potencialidades para a concepção de *máquinas ferramenta* seguras. Para tal foi desenvolvida uma ferramenta que apoiará o *design* da máquina. Esta ferramenta, desenvolvida na forma de Check List, passou por uma análise de riscos que consideram a segurança activa e passiva. São analisados os riscos mecânicos, ergonómicos, eléctricos, os riscos ocasionados pelo meio envolvente à *máquina ferramenta*, bem como, a análise de acidentes ocorridos anteriormente.

De modo a concluir sobre a eficiência e aplicabilidade da ferramenta desenvolvida, esta foi aplicada a uma das *máquinas ferramenta*, Mesa de Corte Multifio. A avaliação conduziu ao redesign da *máquina ferramenta*, tendo-se verificado alterações na concepção da máquina, aos itens em que a avaliação de riscos, deu um valor J superior a 10. Procedeu-se de seguida, à reavaliação de riscos de modo a averiguar a segurança obtida, tendo-se obtido um abaixamento bastante significativo dos riscos identificados inicialmente.

Da análise efectuada à Máquina de Corte Multifio, os principais perigos observados são os perigos de entalamento, cortes e lesões músculo-esqueléticas. Após o redesign da máquina ferramenta este tipo de riscos deixou de ser significativo, sendo que as alterações a efectuar à máquina no seu todo não são significativas.

Pode-se aferir, dos resultados obtidos no caso de estudo, que a utilização de uma ferramenta semelhante aquando do design das *máquinas ferramenta* conduz a máquinas mais seguras do que as existentes actualmente no tecido empresarial deste sector.

Apesar da legislação existente hoje em dia, em termos de higiene e segurança no trabalho, continuam a verificar-se situações de risco médio a elevado com as máquinas ferramenta actuais. Qual o motivo? Falta de fiscalização? Mau aproveitamento das ferramentas disponibilizadas, entre elas, o não aproveitamento da interdisciplinaridade que deverá ser adjacente ao design? A não presença de um designer como coordenador do design da máquina ferramenta? Fica a dúvida.

Fica no entanto patente, que a utilização conjunta do *design* e *segurança*, contribuem fortemente para a concepção de máquinas mais seguras.

A máquina ferramenta terá que urgentemente deixar de ser um amontoado de ferro, com mecanismos mecânicos a descoberto, sem qualquer preocupação de, segurança, estudos ergonómicos, estudos do meio envolvente. Deverá tornar-se uma máquina sofisticada, composta por materiais tecnologicamente evoluídos, com dispositivos de segurança, ergonomicamente concebida e claro, com desempenhos cada vez mais eficazes.

Bibliografia Geral

BELLO, Nicolau, “Investigando o Acidente”, Apresentação de Segurança - Sorocaba/SP 2000, [pp.1-20]

BELLO, Nicolau, **ISAMARAUXI** “Protecções para Máquinas”, Apresentação de Segurança - Sorocaba/SP 2000, [pp.1-20]

BONSIEPE, Gui, “Teoria e Prática do Design Industrial”, CPD - Centro Português de Design, Versão, actualizada Abril 1992, [pp.35-62], [pp.203-257], [pp.267-314]

CASTRO, Paulo M. S. Tavares, “Design e Materiais: Algumas Generalidades”, Notas para uma intervenção num curso destinado a professores da Componente Técnica do Curso Tecnológico de Design, GETAP, Setembro 1991

Directiva 98/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 Junho “relativa à aproximação dos Estados-membros respeitantes às máquina

HARLES, J. A., **CRANE** F. A. A., “Selection and Use of Engineering Materials” 2^o ed., Butterworth, 1989;

FACINCANI, Ezio, “Tecnología Cerâmica los Ladrillos” _____, [pp.11-14], [pp.15-20]

FALCÃO, Manuel Ayres Machado “Meio Século de Geografia ao Serviço da Economia Nacional 1904-1954- “A Cerâmica “Estrela Alva””, 2^o Edição, Editora Edilibar, [pp.49] , [pp.92]

FERNANDES, Nuno Octávio, **FERNANDES**, António Marques, **GONÇALVES**, Paulo, “Caracterização do Ambiente Físico na Indústria de Cerâmica Estrutural da Beira Interior”, KERAMICA, nº 262, Novembro de 2003

FERREIRA, Manuel A. Rodrigues, “A Indústria Cerâmica em Aveiro, Final do Séc. XIX - Início do Séc. XX, Separata da Revista Portuguesa de História Tomo XXV, [pp.7], [pp.42]

LAGE, Alexandra, **DIAS**, Suzana, “Desígnio -Parte 1”, Porto Editora, 2003, [pp.20-26], [pp.126-130]

LAGE, Alexandra, **DIAS**, Suzana, “Desígnio -Parte 2”, Porto Editora, 2003, [pp.20-26], [pp.126-130]

LOBOACH, Bernb, “Design Industrial”, Editora Edgerd Blucher Ltda, 1ª edição, 2001, [pp.54-64], [pp.107-135], [pp.139-155]

LOPES, Luís, “Avaliação Riscos”, _____, Setembro 2002

LORENZ, Cristofpher, “A dimensão do Design”, Centro Português do Design, 1991, [pp.xi]

MALDONADO, Tomás, “Design Industrial”, Edições 70, 1991, [pp.11-20], [pp.77-82], [pp.83]

MANZINI, Ezio, “Invenção da Matéria”, CPD- Centro Português de Design, 1993, [pp.35-38], [pp.41-49], [pp.95-121]

MARQUES, Victor, “Segurança na Utilização Máquinas”, Textos Apoio do Curso Superior Higiene e Segurança do Trabalho, IST - Instituto Superior Técnico, 2001, [pp.1-232]

MARSALL, Gilbert, “ Engenharia de Segurança”, Documento de trabalho, American Society of Safety, 2ª edição, 1994, 1ª Parte ([pp.6-7], [pp.25-41], [pp.43-47]), 2ª Parte ([pp.1-3], [pp.7-47])

MENDES, René, “Máquina e Acidentes de Trabalho”, Coleção Previdência Social – Ministério Previdência e Assistência Social, Volume 13, 2001, [pp.33-77]

MIGUEL, Alberto Sérgio S. R., “Manual de Higiene e Segurança do Trabalho”, 5ª edição, Porto editora, Novembro 2000, [pp.21-26], [pp.279-280], [pp.20-26], [pp.340 - 342], [pp.376 - 387], [pp.454 -474], [pp.478]

OLIVEIRA, António, “A indústria de Cerâmica Portuguesa”, KÉRAMICA, nº255 Setembro/Outubro de 200, [pp.14-32]

QUEIRÓS, José, “Cerâmica Portuguesa”, 1907, [pp.300-303]

RIDLEY, John, **PEARCE**, Dick, “Safety With Machinery”, Butterworth, 2002

SANTOS, Pedro, “Nova Fábrica de tijolo”, KERAMICA, nº255, Setembro/Outubro 2002

SEAYER, Matt, **O’ MAHONY**, “Gestão de Sistemas de Segurança, higiene e Saúde no Trabalho”, Monitor, 1ª edição, 2003, [pp.136-157], [pp.227-229]

SILVA, Beatriz, **LOPES**, Emanuel, **BORGES**, Victor “Trabalho Controlo de Riscos”, Curso Superior Higiene e Segurança do Trabalho, _____, Janeiro 2005, [pp.8-15-26]

SOUSA, Augusto Vaz Serra, **SILVA**, J. A. Raimundo Mendes, “Manual de Alvenaria de Tijolo”, APICER – Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica, _____, [pp.21-33]

_____, “Higiene e Segurança do Trabalho”, Ficha PRONACI – Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias, AEP -Associação Empresarial de Portugal, Setembro 2002

_____, “O sector da Cerâmica em Portugal”, INOFOR - Inovação para a Inovação na Formação”, Janeiro de 2005, [pp.9-10], [pp.17]

_____, “Tile & Brick”, Volume 12 nº 4, 1996, [pp.215-216], [pp.328-332]

_____, “Descrição Processo Produtivo da Cerâmica Estrutural” CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e Vidro.

_____, “Solution Pratiques”, Prevention Des Risques Mecaniques, Publications du Comité "Securité des Machines", 1ª edição, Junho de 1994

www.geocities.com

www.fenprof.pt

Legislação retirada:

www.europa.eu.int/eur-lex/pt/oj/index-list.html,

www.newapproach.org/directives/directivelist.asp

Índice de Anexos

Anexo I- Check-list- Listagem de Verificação Segurança Máquinas

Anexo II-Tabela Antropométrica

Anexo I – Primeiro Anexo

Anexo II – Segundo Anexo

